

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
НАНІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

УДК 621.3

ПОГОДЖЕНО

Директор ННІ енергетики,
автоматики і енергозбереження
Каплун В.В.

(підпис)

« » 2023 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри
інженерії енергосистем

Антипов Є.О.

(підпис)

« » 2023 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «Оптимізація втрат активної потужності «Вінницького
механічного заводу сільськогосподарського обладнання» під час
впровадження комплексної компенсації реактивної потужності»

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка і електромеханіка»

Освітня програма Електричні мережі і системи

Орієнтація освітньої програми _____ освітньо-професійна

Гарант освітньої програми

к.т.н., доцент

Савченко В.В.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

д.т.н., професор

Кривоносов В.Є.

Виконав

Одонець І.О.

КИЇВ – 2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
НАПРЯМКИ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувача кафедри
інженерії енергосистем

Антипов Є.О.

(підпис)

2023 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Одинцю Іллі Олександровичу

Спеціальність 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітня програма: Електричні мережі і системи

Орієнтація освітньої програми: освітньо-професійна

Тема магістерської роботи: «Оптимізація втрат активної потужності
«Вінницького механічного заводу сільськогосподарського обладнання» під час
впровадження комплексної компенсації реактивної потужності» затверджена
наказом ректора НУБІП України від № «Є»

Термін подання завершеної роботи на кафедру: 01.11.2023 р.

Вихідні дані до магістерської роботи: завдання, матеріали досліджень та
розробки кафедри, дані зібрані на виробництві.

Перелік питань, що підлягають дослідженню.

1. Загальна характеристика об'єкту.
2. Заходи по реконструкції обладнання.

К
Є Оцінка економічної ефективності запропонованих заходів

М
Перелік графічного матеріалу: презентація з 20 слайдів

Д
Дата видачі завдання _____ р.

Керівник магістерської роботи

Кривоносов В.Є.

Завдання прийняв до виконання

Одинець І.О.

К

О

М

П

Є

НУБІП України

Одинець І.О. «Оптимізація втрат активної потужності «Вінницького механічного заводу сільськогосподарського обладнання» під час впровадження комплексної компенсації реактивної потужності» (магістерська робота, Київ, Національний університет біоресурсів і природокористування України, 2023 р.).
Обсяг 93 сторінок, таблиць – 8, рисунків – 20, список використаних джерел – 12 найменування.

В розділі 1 роботи наведено загальну характеристику підприємства, вказано основні напрями господарської діяльності.

В розділі 2 наведено розрахунок електричних навантажень підприємства, проведено розрахунок освітлюваної мережі та перевірку силового трансформатора.

В розділі 3 проведено обґрунтування параметрів системи електропостачання підприємства, а саме: проведено вибір марки і перерізу провідників, вибрані апарати захисту, проведено розрахунок струмів короткого замикання.

В розділі 4 наведено рішення з компенсації реактивної потужності. Описано складові установки компенсації реактивної потужності та проведено математичний опис процесу компенсації реактивної потужності.

В розділі 5 проведено розрахунок економічного ефекту від впровадження компенсації реактивної потужності.

В розділі 6 представлено заходи з підвищення надійності експлуатації конденсаторних установок.

За отриманими результатами сформовані висновки.

Ключові слова: компенсація реактивної потужності, система електропостачання, встановлена потужність, лінія електропередачі, потужність електроустановки, струми короткого замикання, ефективність роботи електроустановки, трансформаторна підстанція.

НУБІП України

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА	7
РОЗДІЛ 2. ЕЛЕКТРИЧНІ НАВАНТАЖЕННЯ ПІДПРИЄМСТВА	9
2.1. Розрахунок електричних навантажень електроприймачів	9
2.2. Розрахунок освітлювальної мережі	14
2.3. Перевірка силового трансформатора	17
РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ ПІДПРИЄМСТВА	21
3.1. Вибір марки і перерізу провідників	21
3.2. Розрахунок і вибір апаратів захисту	24
3.3. Розрахунок і вибір параметрів лінії електропостачання	34
3.4. Розрахунок струмів короткого замикання	38
РОЗДІЛ 4. КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ	47
4.1. Сучасні конструкції комплектних конденсаторних установок	47
4.2. Автоматичне регулювання потужності комплектних конденсаторних установок	51
4.3. Складові установок компенсації реактивної потужності	53
4.4. Математичний опис процесу компенсації реактивної енергії	60
4.5. Розрахунок струмів комутації конденсаторних батарей	67
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ ВІДВPROВАДЖЕННЯ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ	70
5.1. Аналіз добових графіків споживання електроенергії	70
5.2. Розрахунок плати за перетоки реактивної потужності без КРП	74
5.3. Розрахунок плати за перетоки реактивної потужності з КРП	76
5.4. Ефективність КРП на шинах 0,4 кВ ЗТП	78
РОЗДІЛ 6. ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ КОНДЕНСАТОРНИХ УСТАНОВОК	82
ВИСНОВКИ	90
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	91

ВСТУП

Загальновідомо, що економічність будь-якої технічної системи може бути забезпеченою, якщо вона завантажується до номінального навантаження, на яке розрахована і при якому досягається найвищий коефіцієнт корисної дії. Генеруючі, передавальні і перетворювальні елементи схем електропостачання (підстанції) проектувалися на певне навантаження з урахуванням досягнення найбільшої економічності.

З 1991 року в Україні щорічно знижується обсяг електроспоживання, що викликає природне зниження завантаження елементів електропередачі. Підсилювальний чинник – неплатежі споживачів і наступні за ним примусові відключення – призводять до додаткового розвантаження.

Наслідком цього є перехід елементів системи електропередачі (ліній і підстанцій) на неекономічний режим. Визначальними стають втрати в лініях на корону і від струмів витоку, від перетікань реактивної потужності та втрати холостого ходу в трансформаторах. Постійні втрати в балансі передачі енергії стають суттєвими.

Економічність електропередачі можна підвищити або завантажуючи її до номіналу, або знижуючи постійні втрати. Перша умова нині є проблематичною і нереальною. Щодо другої можна рекомендувати здійснювати контроль завантаження всіх трансформаторів і зробити їх перестановку з метою довести їх завантаження до економічного – 70-100%; привести в дію всі пристрої регулювання напруги; здійснювати заходи для регулювання добового графіка навантаження з метою його вирівнювання; не допускати відключення споживачів електроенергії; відстежувати перетікання реактивної потужності, використовувати при необхідності її компенсацію; привести в технічно справний стан устаткування підстанцій і мереж; плановірно проводити заміну зношеного устаткування новим із поліпшеними економічними і технічними характеристиками.

Окрім прямого енерго- і ресурсозбереження існує цілий ряд актуальних завдань, вирішення яких зрештою наводить до того ж ефекту в самих виробничих

установках, у виробництві в цілому. Сюди, в першу чергу, відносяться підвищення кваліфікації персоналу, відповідального за експлуатацію електроустаткування.

На підприємствах необхідно запроваджувати автоматизовані системи обліку електроенергії і управління електроспоживачами. Це дасть можливість здійснити технічний обмін використаної електроенергії, що в свою чергу створить умови для правильного використання і можливості її економії.

В магістерській роботі детально розглянута компенсація реактивної потужності на шинах 0,4 кВ комплектної трансформаторної підстанції, яка може бути використана для розрахунків заходів з енергозбереження на підприємстві та інших промислових об'єктах.

Об'єктом дослідження магістерської роботи є система електропостачання ТОВ «Вінницький механічний завод сільськогосподарського обладнання».

Предметом дослідження є заходи по модернізації системи електропостачання спрямовані на зниження втрат електроенергії та підвищення надійності роботи.

Завданнями магістерської роботи є:

- 1) аналіз існуючої системи електропостачання підприємства;
- 2) обґрунтування параметрів модернізації системи електропостачання підприємства;
- 3) визначення доцільності використання компенсації реактивної потужності;
- 4) представлення заходів з підвищення надійності експлуатації конденсаторних установок.

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА

НУВБІП України

ТОВ «Вінницький механічний завод сільськогосподарського обладнання» є

підприємством по виробництву, техобслуговуванню і ремонту сільськогосподарської та будівельної техніки, знаходиться в місті Вінниця.

Основними видами діяльності підприємства є: виробництво машин і устаткування для добувної промисловості та будівництва; виробництво інших машин і устаткування загального призначення; виробництво машин і устаткування

для сільського та лісового господарства; ремонт і технічне обслуговування інших машин і устаткування; виробництво інших вузлів, деталей і приладдя для автотранспортних засобів; ремонт і технічне обслуговування машин і устаткування

промислового призначення; технічне обслуговування та ремонт автотранспортних

засобів; оптова торгівля деталями та приладдям для автотранспортних засобів;

роздрібна торгівля деталями та приладдям для автотранспортних засобів; оптова

торгівля сільськогосподарськими машинами й устаткуванням; оптова торгівля

верстатами; оптова торгівля машинами й устаткуванням для добувної

промисловості та будівництва; оптова торгівля іншими машинами й

устаткуванням; надання в оренду автомобілів і легкових автотранспортних засобів;

надання в оренду вантажних автомобілів.

У зв'язку з розширенням діяльності, керівництвом поставлено завдання по збільшенню виробничих потужностей. Дане завдання вимагає перерахунок і

реконструкцію електропостачання підприємства. План виробничого приміщення підприємства зображено на рис. 1.1.

Електропостачання підприємства здійснюється від однотрансформаторної КТП №755 потужністю 250 кВ·А. У свою чергу КТП живиться від фідера №42

ПС110/10 №11 м. Вінниця. На стороні 0,4 кВ як апарати захисту від струмів

короткого замикання встановлені автоматичні вимикачі. Перелік

електроприймачів наведено в табл. 1.1.

НУВБІП України

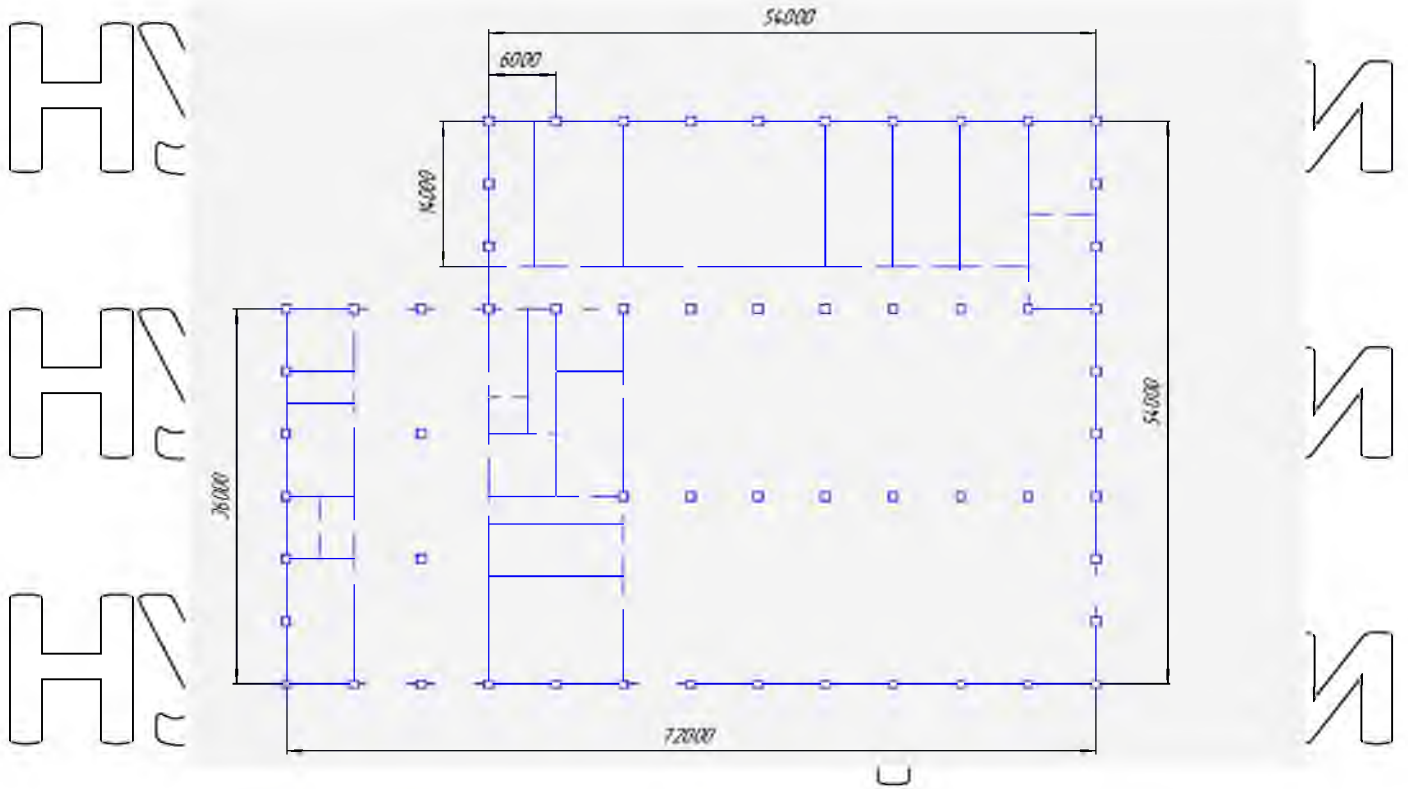


Рис. 1.1. План виробничого приміщення підприємства.

Таблиця 1.1

Перелік електроустаткування

№ п.п.	Найменування електроприймачів	Р _{еп} , кВт
1	Сушильна шафа	12
2	Установка загартування	12
3	Установка загартування	15
4	Вертикально-свердлувальний верстат	4
5	Вертикально-свердлувальний верстат	5,5
6	Шліфувальний верстат	3
7,8	Шліфувальні верстати	4
9,16	Токарні верстати	7,5
10,11	Верстати балансувальні	1,5
12,13	Фрезерні верстати	11
14	Фрезерний верстат	7,5
15	Машина, що клепає	1,5
17,18	Токарні верстати	5,5
19,20	Алмазно-розточувальні верстати	4

РОЗДІЛ 2

ЕЛЕКТРИЧНІ НАВАНТАЖЕННЯ ПІДПРИЄМСТВА

НУВБІП України

2.1. Розрахунок електричних навантажень електроприймачів

НУВБІП України

Внутрішньоцехові мережі виконуються за радіальною, магістральною або змішаною схемами. Кожен вид схеми має свою найбільш доцільну сферу застосування.

НУВБІП України

Магістральні схеми широко застосовуються в приміщеннях з нормальним середовищем і рівномірним розподілом технологічного устаткування. При цьому часто трансформатор цехової підстанції не має розподільного щита на низькій стороні і магістральна мережа виконується за схемою блоку трансформатор-магістраль. Магістральну мережу найпростіше виконати з використанням шинопроводів. Мережі, виконані з шинопроводів, по гнучкості і універсальності є найбільш досконалими.

НУВБІП України

Як магістральні шинопроводи використовується комплектний шинопровід типу ШМА, як розподільний – ШРА.

НУВБІП України

У цехах, де є декілька підстанцій, для підвищення надійності електропостачання магістральні мережі живлять, як правило, від декількох підстанцій і секціонують нормально відключеними автоматичними вимикачами.

НУВБІП України

Для живлення двигунів кранів і іншого внутрішньо-цехового електротранспорту застосовують тролейні лінії, виконані тролейними шинопроводами або тролеями – голими дротами, чим забезпечується контакт з струмоз'ємником в будь-якому місці лінії.

НУВБІП України

Розподільні шафи зазвичай живляться від цехової ТП (КТП) кабелями, марка і спосіб прокладки яких визначаються характером середовища в приміщенні.

НУВБІП України

Перевагою радіальної схеми живлення в порівнянні з магістральною полягає у вищій надійності електропостачання і зручності експлуатації. При коротких замиканнях припиняють роботу один або декілька електроприймачів, підключених

до пошкодженої лінії, останні продовжують працювати [5].

Бсі споживачі можуть втратити живлення лише при пошкодженні на збірних шинах КТП, що мало ймовірно унаслідок досить надійної конструкції шаф КТП.

Розрахунок електричних навантажень проводиться для визначення величин витрат в системах електропостачання промислових підприємств. Розрахункова величина електричних навантажень P_p визначає технічні рішення, і вказує витрати на виготовлення електротехнічних виробів, на створення і розвиток суб'єктів електроенергетики, на побудову і функціонування об'єктів електрики.

Розрахунок навантаження буде виконаний по методу впорядкованих діаграм.

За наявності даних про число електроприймачів, їх потужність, режимах роботи його рекомендують застосовувати для розрахунків елементів системи електропостачання, що живлять силове навантаження до 1 кВ.

Порядок розрахунку:

1. Складається перелік силових електроприймачів з вказівкою їх номінальній (встановленою) потужності.
2. Визначається робоча зміна з найбільшим споживанням електроенергії і виділяється характерна доба.
3. Описуються особливості технологічного процесу, що впливають на електроспоживання, виділяються електроприймачі з високою нерівномірністю навантаження (які розраховують по максимуму ефективного навантаження).
4. Виключаються з розрахунку електроприймачі малої потужності, що резервні за умовами розрахунку електричних навантажень, Включаються епізодично.
5. Визначаються групи електроприймачів, що мають однакового типа (режим) роботи, і виділяються з них підгрупи, що мають однакову величину індивідуального коефіцієнта використання.
6. Виділяються електроприймачі однакового режиму роботи, і визначається їх середня потужність:

$$P_{cp(j)} = \sum K_{II(i)} P_{ном(i)}, \quad (21)$$

де $P_{ном(i)}$ – номінальна потужність окремого електроприймача.

7. Обчислюється середнє реактивне навантаження.

$$Q_{cp(j)} = \sum K_{и(i)} P_{ном(i)} \operatorname{tg} \varphi_i, \quad (2.2)$$

де $\operatorname{tg} \varphi_i$ – коефіцієнт реактивної потужності, відповідний середньозваженому коефіцієнту потужності $\cos \varphi$, характерному для i -го електроприймача.

8. Знаходиться груповий коефіцієнт використання K_B активної потужності:

$$K_B = \frac{\sum_{j=1}^m P_{cp(j)}}{\sum_{j=1}^m P_{ном(j)}}, \quad (2.3)$$

де $P_{ном(j)}$ – встановлена потужність підгрупи.

9. Розраховується ефективне число електроприймачів в групі з n електроприймачів:

$$n_e = \frac{(\sum P_{ном(i)})^2}{\sum (P_{ном(i)})^2}, \quad (2.4)$$

де n_e – число однорідних по режиму роботи електроприймачів однакової потужності.

Число однорідних електроприймачів яке дає те ж значення розрахункового максимуму P_{max} , що і група електроприймачів, різних по потужності і режиму роботи. При числі електроприймачів в групі чотири і більш допускається приймати n_e рівним n (дійсному числу електроприймачів) за умови, що відношення номінальної потужності найбільшого електроприймача до номінальної потужності меншого менше трьох. При цьому при визначенні значення n допускається виключати дрібні електроприймачі, сумарна потужність яких не перевищує 5% номінальній потужності всієї групи.

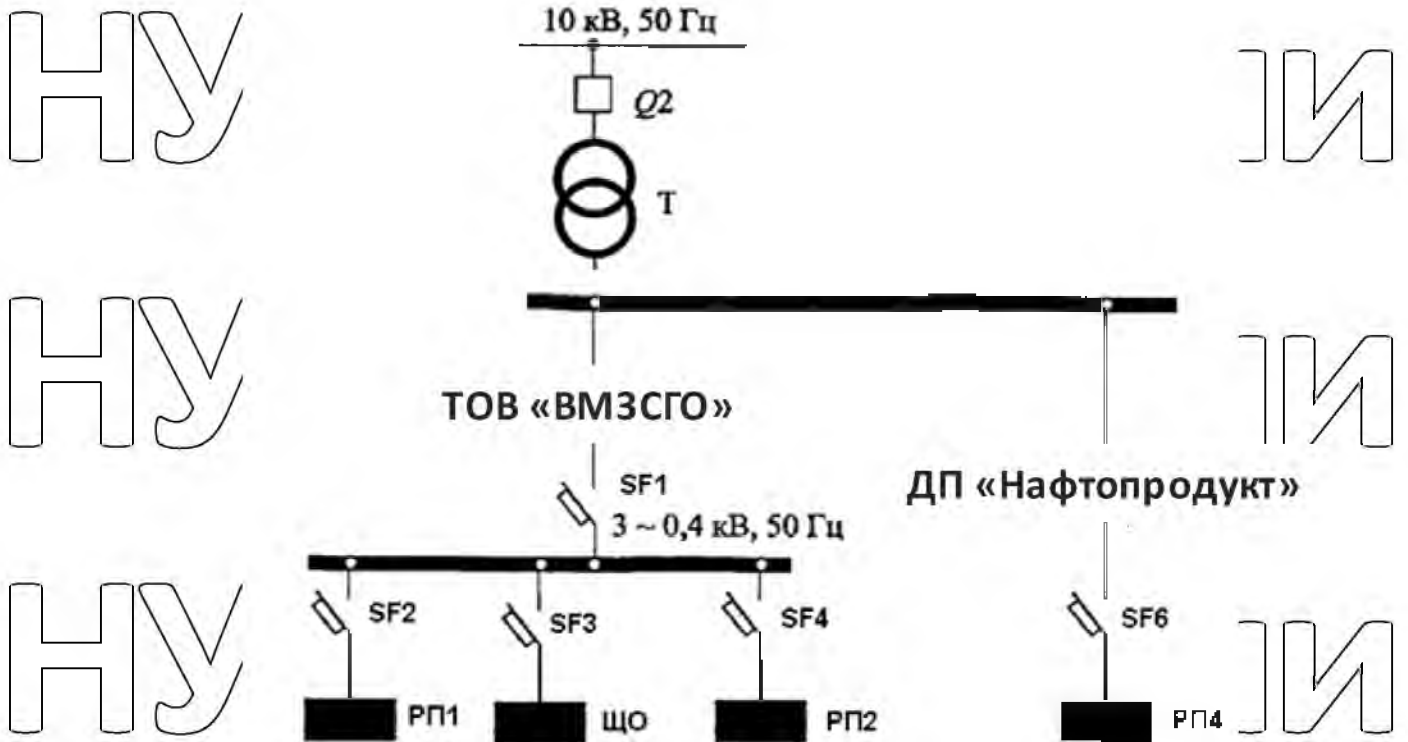


Рис.2.1. Схема електропостачання до реконструкції

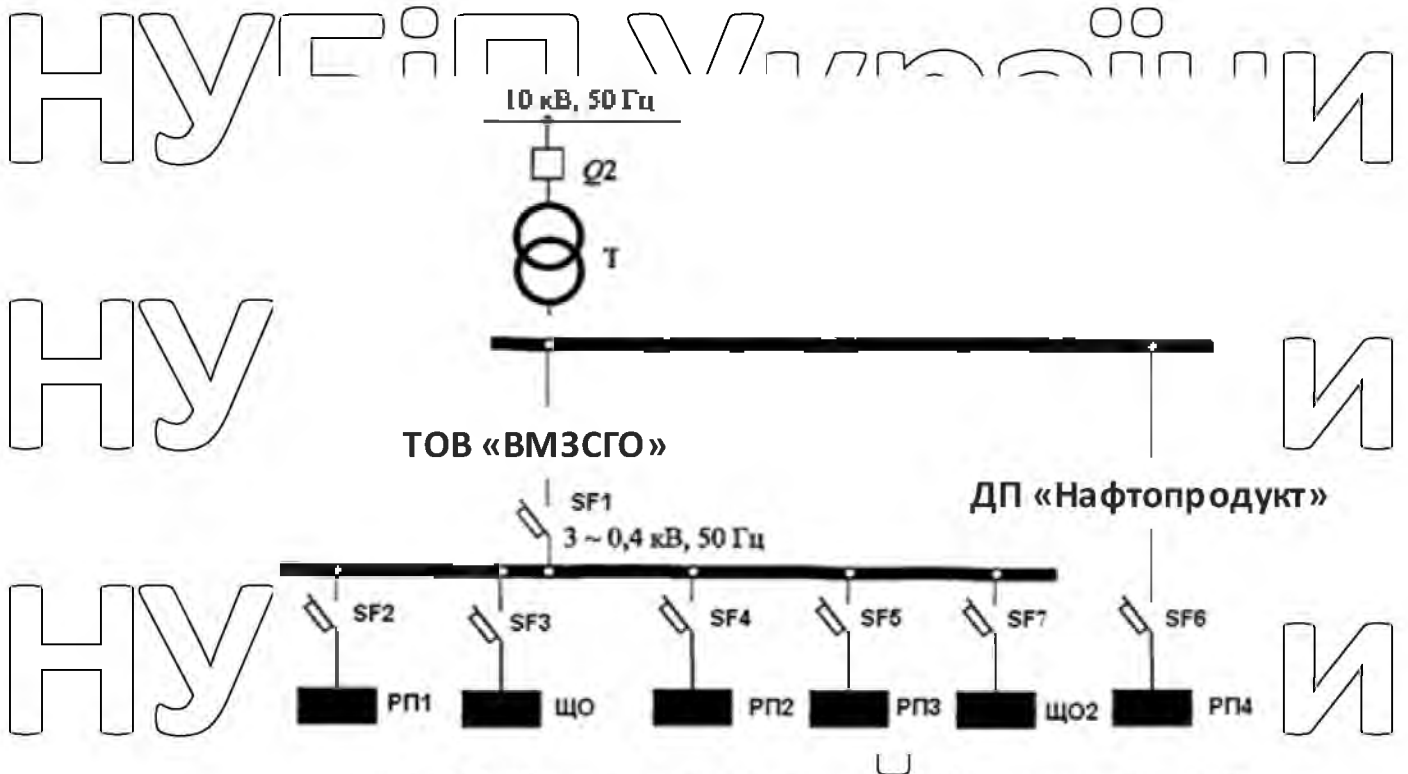


Рис.2.2. Схема електропостачання після реконструкції

НУБІП України

Таблиця 2.1

Електрообладкування ремонтного цеху

№ п.п.	Найменування електроприймачів	$P_{\text{еп}}$, кВт	n	K_B	$\cos \varphi$	$\text{tg } \varphi$
1	Сушильна шафа	12	1	0,3	0,95	0,33
2	Установка загартування	12	1	0,6	0,7	1,02
3	Установка загартування	15	1	0,5	0,7	1,02
4	Вертикально-свердловальний верстат	4	1	0,2	0,65	1,17
5	Вертикально-свердловальний верстат	5,5	1	0,2	0,7	1,02
6	Шліфувальний верстат	3	1	0,25	0,7	1,02
7,8	Шліфувальні верстати	4	1	0,25	0,7	1,02
9,16	Токарні верстати	7,5	2	0,3	0,65	1,17
10,11	Верстати балансувальні	1,5	2	0,15	0,6	1,33
12,13	Фрезерні верстати	11	2	0,23	0,8	0,75
14	Фрезерний верстат	7,5	1	0,2	0,7	1,02
15	Машина, що клепає	1,5	1	0,18	0,65	1,17
17,18	Токарні верстати	5,5	2	0,3	0,65	1,17
19,20	Алмазно-розточувальні верстати	4	2	0,15	0,65	1,17

Розрахунок для РП 3:

Колонки 1-7 заповнюються з табл.2.1;

$$m = \frac{P_{\text{нв}}}{P_{\text{нм}}} = \frac{15}{1,5} = 10. \quad (2.5)$$

Визначаються

$$P_{\text{зм}} = K_n \cdot P_n;$$

результат заноситься в колонку 9 табл.2.3;

$$Q_{\text{зм}} = P_{\text{зм}} \text{tg} \varphi$$

результат заноситься в колонку 10;

$$S_{\text{зм}} = \sqrt{P_{\text{зм}}^2 + Q_{\text{зм}}^2}$$

результат заноситься в колонку 11 табл.2.3.

Визначаємо

$n_e = F(n, m, K_{н.сп}, P_n) = (20, > 3, > 0,2, змінна)$
 результат заноситься в колонку 12.

$$n_e = \frac{2 \sum_{n=1}^n P_n}{P_{нб}} = \frac{2 \cdot 128}{15} \approx 17.$$
(2.6)

Визначається
 $K_M = F(n_e, K_{н.сп}) = 1,39;$
 результат заноситься в колонку 13 [6].

При $n_e > 10$, $K'_M = 1$:

$P_M = P_{зм} \cdot K_M,$
 результат заноситься в колонку 15 табл. 2.3;
 $Q_M = Q_{зм} \cdot K_M^1,$

результат заноситься в колонку 16;

$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2},$
 результат заноситься в колонку 17 табл. 2.3.

$$I_M = \frac{S_M}{\sqrt{3} U_n} = \frac{66,4}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 101 \text{ A.}$$
(2.7)

2.2. Розрахунок освітлювальної мережі

Розрахуємо загальне електричне освітлення ремонтного цеху методом використання світлового потоку.

Розміри приміщення: a_1 – довжина приміщення, b_1 – ширина приміщення; h_1 – висота приміщення, висота розташування світильників над рівнем робочої поверхні $h_{св1}$.

Мінімальна освітленість $E_{н1}$ визначається на підставі заданого розряду зорової роботи. Для механічного цеху це розряд IVб. Коефіцієнти віддзеркалення стелі, стін і підлоги відповідно $\rho_{ст}$, $\rho_{ст}$, $\rho_{п}$

Таблиця 2.2

Вихідні дані для розрахунку освітлення

$a_1, \text{м}$	$b_1, \text{м}$	$h_1, \text{м}$	$h_{\text{св1}}, \text{м}$	P	$\rho_{\text{шт}}, \rho_{\text{ст}}, \rho_{\text{пл}}$
42	14	6	5	IV6	0,7; 0,5; 0,3

Для заданого типу приміщення виберемо тип світильника РСП-02В-КСС-М, КПД 80%, $\gamma=1,5$

Призначення: для загального освітлення промислових виробничих і допоміжних приміщень вибухонебезпечної зони класу 22 і пожежонебезпечних зон класів П-І, П-ІІ. Температура довкілля при експлуатації від -40°C до $+40^{\circ}\text{C}$.

Конструкція: корпус електроблоку з екструдованого анодованого алюмінієвого профілю. Корпусні деталі із сталевих прокату. Світлопропускаючий ковпак з силікатного скла. Апаратура управління вбудована. Є виконання з одним або двома сальниковими вводами для електрокабеля. Клас захисту від ураження електричним струмом І по ГОСТ 12.2.007.2005 [8].

Відстань між світильниками [9]:

$$L_{\text{св}} = \gamma \cdot h_{\text{св}} = 1,5 \cdot 5 \text{ м} = 7,5 \text{ м}. \quad (2.8)$$

Прийmemo $L_{\text{св}} = 4 \text{ м}$.

За відсутності робочих місць біля стіни:

$$L_1 = (0,4 \dots 0,5) L_{\text{св}} = 0,5 L_{\text{св}} = 0,5 \cdot 7 = 3,5 \text{ м}. \quad (2.9)$$

Оскільки приміщення має розміри 14×42 , а відстань між світильниками 7 м а від стіни до світильника $3,5$, то світильники розташовуватимуться як показано на рис. 2.3.

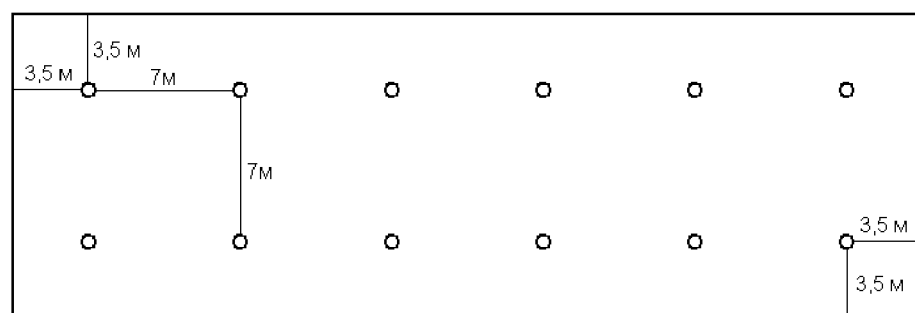


Рис. 2.3. План приміщення з розміщенням світильників.

Показник форми приміщення [9]:

$$\varphi = \frac{a \cdot b}{h_{cs} \cdot (a+b)} = \frac{14 \cdot 42}{5 \cdot (14+42)} = 2,1 \quad (2.10)$$

Світловий потік одного світильника

$$F_{cs} = \frac{E_{min} \cdot K_3 \cdot Z \cdot S_{п}}{\eta_{cs} \cdot \eta_{л}}, \quad (2.11)$$

де K_3 – коефіцієнт запасу $K_3=1,5$;

$\eta_{л}$ – коефіцієнт використання світлового потоку $\eta_{л} = 0,65$ при $\varphi = 2,1\%$;

E_{min} – мінімальна освітленість визначимо згідно [11] $E_{min}=200$ Лк;

Z – коефіцієнт нерівномірності освітленості, прийmemo $Z=1,1$;

$S_{п}$ – площа приміщення $S_{п}=588$ м²;

η_{cs} – кількість світильників $\eta_{cs}=12$.

$$F_{на} = \frac{200 \cdot 1,5 \cdot 1,1 \cdot 588}{12 \cdot 0,65} = 25000 \text{ Лм.}$$

Виберемо в якості джерела світла ДРЛ 400 W E40. Ртутна газорозрядна лампа ДРЛ 400 W E40 є електричним джерелом світла, в якому для генерації оптичного випромінювання використовується газовий розряд в парах ртуті. Лампи

ДРЛ виділяються високою світловидатністю при порівняно невеликих габаритах і

мають тривалий термін служби. 40% випромінювань лампи ДРЛ 400 W E40 доводиться на ультрафіолетову область спектру. Для збільшення світловидатності ультрафіолетове випромінювання перетворюють у видиме світло за допомогою люмінофора, яким покрита колба лампи ДРЛ 400 W E40.

Для забезпечення стабільності розряду дуже поважно точно дотримувати параметри вживання лампи ДРЛ 400 W E40, задані її виготівником. Установка лампи ДРЛ в неправильному положенні або недотримання електричних параметрів може привести до виходу лампи ДРЛ з буд або до скорочення її терміну служби.

Для ламп ДРЛ 400 W E40 час запалювання і повторного запалення складає приблизно від 4 до 5 хв. Зважаючи на наявність вбудованих електродів запалювання не потрібні додаткові пристрої запалювання.

Лампи ДРЛ 400 W E40 застосовують для внутрішнього і зовнішнього

освітлення комерційних і виробничих об'єктів, для декоративного і охоронного освітлення.

Переваги лампи ДРЛ 400 W E40:

- широкий діапазон потужностей газорозрядних ламп ДРЛ;
- достатній рівень світлової віддачі лампи ДРЛ 400 W (30-60лм/Вт);
- великий термін служби лампи ДРЛ 400 W;
- компактні розміри ртутної лампи ДРЛ 400 W

Технічні характеристики лампи ДРЛ 400 W E40: потужність лампи ДРЛ 400

Вт, напруга 220 В, цоколь лампи ДРЛ – E40, діаметр лампи ДРЛ – 122 мм, довжина

лампи ДРЛ – 292 мм, світловий потік лампи ДРЛ – 23500 лм, середня тривалість

горіння лампи ДРЛ, год – 18000 [10]

Потужність освітлювальної установки $400 \cdot 12 = 4800$ Вт, тоді згідно [6].

$$I_{M(\text{щю})} = \frac{S_M}{\sqrt{3}U_n} = \frac{4}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 6,1 \text{ A.} \quad (2.12)$$

2.3. Перевірка силового трансформатора

У КТП №773, котра живить підприємство встановлений трансформатор ТМ 250-10/0,4.

Трифазні масляні трансформатори серії ТМ призначені для перетворення електроенергії в мережах енергосистем і споживачів електроенергії в умовах зовнішньої або внутрішньої установки помірного (від $+40^{\circ}\text{C}$ до -45°C) або холодного (від $+40^{\circ}\text{C}$ до -60°C) клімату.

Трансформатори ТМ виготовляються в герметичного виконання, їх внутрішня ємкість не сполучається з довкіллям. Вони повністю заповнені трансформаторним маслом. Розширювач і повітряна або газова "подушка" присутні. Температурні зміни об'єму масла компенсуються пружною деформацією гофров бака трансформатора і розширювального бака [11].

Визначаємо втрати в трансформаторі [6]:

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot S_{M(HH)} = 0,02 \cdot 199 = 4 \text{ кВт}. \quad (2.13)$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot S_{M(HH)} = 0,1 \cdot 199 = 20 \text{ кВАр}. \quad (2.14)$$

$$\Delta S_T = \sqrt{\Delta P_T^2 + \Delta Q_T^2} = \sqrt{4^2 + 20^2} = 21 \text{ кВА}. \quad (2.15)$$

Перевіримо розрахункову потужність трансформатора ТМ 250-10/0,4 з урахуванням втрат і компенсації реактивної потужності.

$$250 \geq 199 \text{ кВА}.$$

Згідно [13] характеристики ТМ 250-10/0,4:

$$R_T = 9,4 \text{ мОм}; \quad X_T = 27,3 \text{ мОм}; \quad \Delta P_{K3} = 3,7 \text{ кВт}; \quad \Delta P_{XX} = 0,74 \text{ кВт};$$

$$Z_T = 28,7 \text{ мОм}; \quad u_{K3} = 5,5\%; \quad u_{K3} = 4,5\%; \quad Z_T^{(K)} = 311 \hat{i} \Omega; \quad i_{XX} = 2,3\%.$$

Розрахуємо коефіцієнт завантаження

$$K_s = \frac{S_{HH}}{S_T} = \frac{199}{250} = 0,8.$$

(2.16)

Таблиця 2.3

Зведена відомість навантажень по підприємству

Найменування РП і ЕП	Навантаження встановлене							Навантаження середнє за зміну							Навантаження максимальна			
	P_H , кВт	n	P_{HE} , кВт	K_H	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	m	$P_{зм}$, кВт	$Q_{зм}$, кВар	$S_{зм}$, кВА	n_e	K_M	K_M^1	P_M , кВт	Q_M , кВар	S_M , кВА	I_M , А	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Всього по РП 1														30	40	50	76	
Всього по РП 2			434	0,76	0,91	0,45		333	150	365,2	4	1,21	1,1	30	22,5	37,5	57	
РПЗ																		
Сушильна шафа	12	1	12	0,3	0,95	0,33		3,6	1,2	3,8								
Установка загартування	12	1	12	0,6	0,7	1,02		7,2	7,3	10,3								
Установка загартування	15	1	15	0,5	0,7	1,02		7,5	7,7	10,7								
Вертикально-свердильний верстат	4	1	4	0,2	0,65	1,17		0,8	0,9	1,2								
Вертикально-свердильний верстат	5,5	1	5,5	0,2	0,7	1,02		1,1	1,1	1,6								
Шліфувальний верстат	3	1	3	0,25	0,7	1,02		0,8	0,8	1,1								
Шліфувальні верстати	4	2	4	0,25	0,7	1,02		2,0	2,0	2,9								
Токарні верстати	7,5	2	15	0,3	0,65	1,17		4,5	5,3	6,9								
Верстати балансувальні	1,5	2	3	0,15	0,6	1,33		0,5	0,6	0,7								

Продовження табл..2.3

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Фрезерні верстати	11	2	22	0,23	0,8	0,75	5,1	3,8	6,3									
Фрезерний верстат	7,5	1	7,5	0,2	0,7	1,02	1,5	1,5	2,1									
Машина, що клепає	1,5	1	1,5	0,18	0,65	1,17	0,3	0,3	0,4									
Токарні верстати	5,5	2	11	0,3	0,65	1,17	3,3	3,9	5,1									
Алмазно-розточувальні верстати	4	2	8	0,15	0,65	1,17	1,2	1,4	1,8									
Всього по РП 3			128	0,31	0,71	0,96	>3	39,2	37,8	55,0	17	1,39	1	54,5	37,8	66,4	101	
ЩО1														10	4	11	49	
ЩО2			4,8	0,8	0,95	0,33		3,8	1,25	4				3,8	1,25	4	6,1	
Всього на ШНН														128	106	166		
Всього на ШНН е-КУ														128	51	138	210	
ДП «Нафтопродукт»														50	37,5	62,5		
Разом														178	88,5	199	302	
Втрати														4	20	21		

РОЗДІЛ 3

РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ ПІДПРИЄМСТВА

3.1. Вибір марки і перерізу провідників

Переріз провідника в основному залежить від величини розрахункового струму, від того, чи потрібно захищати мережу від перевантаження чи ні, від температурних умов довкілля, характеру приміщення і типа ізоляції провідника.

Раніше необхідно вибрати марку провідника, визначитися з умовами його прокладки і потім виконувати розрахунок.

Переріз провідників цехової мережі вибирається по розрахунковому струму навантаження так, щоб провідники при струмах навантаження, відповідних роботі в тривалому режимі і умовам нормованої для них температури середовища, не перегрівалися б понад допустимі межі.

Мінімальний допустимий переріз провідника – такий переріз, при якому провідник, маючи початкову температуру, рівну максимальною тривало допустимою нагрівається струмом к.з. до гранично допустимої температури за умовами термічної стійкості.

Згідно ПУЕ РК провідники будь-якого призначення повинні задовольняти вимогам відносно граничний допустимого нагріву з урахуванням не лише нормальних, але і післяаварійних режимів, а також режимів в період ремонту і можливих нерівномірностей розподілу струмів між лініями, секціями шин і тому подібне. При перевірці на нагрів приймається півгодинний максимум струму, найбільший з середніх півгодинних струмів даного елемента мережі [6].

Тривало допустимий струм в післяаварійному режимі визначається по формулі (3.1):

$$I_p = \sqrt{\frac{P}{3U_n \cdot \cos\phi}} \quad (3.1)$$

де P – розрахункова потужність приймача, кВт;

U – номінальна напруга, В;

$\cos \varphi$ – коефіцієнт потужності приймача.

При прокладці декількох кабелів і більше чотирьох дротів в одній трубі, траншеї, лотку, коробі і тому подібне в розрахункову формулу вводиться поправочний коефіцієнт на умови прокладки дротів і кабелів.

Кабель АВВГ призначений для передачі і розподілу електричної енергії в стаціонарних установках на номінальну змінну напругу 0,66 – 6 кВ і частотою 50 Гц. АВВГ не поширює горіння, а також стійкий до дії плісневих грибів і температури довкілля $-50^{\circ}\text{C} \dots +50^{\circ}\text{C}$.

Як струмопровідної жили використовується алюмінієвий дріт секторного або круглого профілю, I або II класу по ГОСТ 22483-97. Ізоляція кабелю АВВГ виготовлена з ПВХ пластикату або поліетилену. Як оболонка АВВГ застосовується шланговий світлотермостійкий ПВХ пластикат, стійкий до сонячного випромінювання і не поширюючий горіння [17].

У конструкцію АВВГ напругою до 1кВ входить стрічка з ПВХ пластикату або поліетилентерефталатної плівки, яка накладається на скручені ізольовані жили. Проте, допускається відсутність даної стрічки за умови, що зберігається рухливість ізольованих жил і можливо відокремити не пошкодивши оболонку від ізоляції.

При прокладці кабелю радіус вигину рівний $10 \cdot D_n$ для одножильного і $7,5 \cdot D_n$ для багатожильного (D_n – зовнішній діаметр кабелю). Тривало допустима температура нагріву жил не повинна перевищувати $+70^{\circ}\text{C}$. В разі короткого замикання (до 4 сек) межа максимально допустимої температури нагріву жил АВВГ рівна $+160^{\circ}\text{C}$. Кабель АВВГ повинен витримати випробування змінною напругою 50 Гц протягом десяти хвилин. Термін служби АВВГ за умови експлуатації в нормальних умовах рівний не менше 30 років. Термін зберігання кабелю варіюється залежно від умов: на відкритому майданчику він не перевищує 2 років, під навісом – 5 років, в закритому приміщенні – 10 років.

Технічні дані кабелю АВВГ:

- робоча напруга 0,66 або 1,0 кВ;

- робоча температура $-50^{\circ}\text{C} \dots +50^{\circ}\text{C}$;

- мінімальний радіус вигину $7,5 \cdot D_p$

У сухих опалювальних приміщеннях (житлових кімнатах, опалювальних складах, підсобних приміщеннях, де відносна вологість не перевищує 60%)

вирішуються всі види проводок. У сухих неопалювальних і вологих приміщеннях (до останніх відносяться приміщення, де пари або волога, що конденсується,

виділяються лише тимчасово в невеликих кількостях і де відносна вологість більше 60%, але не перевищує 75%: кухні в житлових приміщеннях, сходові клітки,

неопалювальні склади тощо) заборонені, приховані проводки в ізоляційних трубах. У заповнених приміщеннях (пил, що виділяється за технологічними

умовами, може осісти на дротах, проникати всередину машин і апаратів) дозволена відкрита проводка ізольованими дротами в ізоляційних трубах з тонкою

металевою оболонкою, відкрита і прихована проводки ізольованими дротами в сталевих трубах, кабелем.

До сирих відносяться приміщення, де відносна вологість тривало перевищує 75%: овочесховища, туалети. До особливо сирих відносяться приміщення з

відносною вологістю повітря до 100%, коли стеля, стіни, підлоги і предмети, що знаходяться в приміщенні, покриті вологою. Особливо сирими є теплиці, парники,

зовнішні установки під навісом, в сараях, в неопалювальних тимчасових приміщеннях. Тут можлива відкрита або прихована проводка ізольованими

захищеними або незахищеними дротами в трубах, кабелем.

Є багато приміщень особливо сирих з хімічно активним середовищем: приміщення, де містяться тварини. У таких приміщеннях виконують відкриті або

приховані проводки ізольованими захищеними або незахищеними дротами в трубах або кабелем.

У пожежо-небезпечних приміщеннях виконують відкриті проводки ізольованими дротами на ізоляторах або в трубах, приховані – ізольованими проводками в сталевих трубах, кабелем.

До вибухонебезпечних відносяться сховища нафтопродуктів. Тут всі проводки (відкриті і приховані) вмонтовують ізольованими дротами в сталевих

трубах; дозволена відкрита прокладка неброньованих кабелів з гумовою ізоляцією

в свинцевій або полівинілхлоридній оболонці для освітлювальних мереж при нарузі не більше 250 В по відношенню до землі за відсутності механічних і хімічних дій.

3.2. Розрахунок і вибір апаратів захисту

У цехових мережах можуть виникати наступні ненормальні по струму режими роботи:

- збільшення струму внаслідок перевантаження;
- збільшення струму у момент пуску або самозапуску двигунів;
- збільшення струму внаслідок к.з.

К.з. можуть привести до пожежі або навіть вибуху, якщо не прийняти заходів до швидкого відключення пошкодженої ділянки лінії, електроприймача.

Менш небезпечні для лінії перевантаження. Невеликі по величині і короткочасні перевантаження провідників не представляють для них безпосередньо небезпеки, але тривалі перевантаження ведуть до старіння ізоляції і зниження її ізоляційних властивостей. В результаті можливі травми в разі дотику людини до дроту з пошкодженою ізоляцією або к.з. з вказаними вище наслідками.

Захист від струмів к.з. є обов'язковий для всіх елементів мережі, час її дії має бути мінімальним для зменшення термічного і динамічного ефектів від струму к.з. і необхідно, аби забезпечувалася селективність (вибірковість) її дії

[18].

Перевантаження є менш небезпечним і у ряді випадків допускається відмова від вживання захисту провідників від перевантаження.

Таблиця 3.1

Результати вибору провідників розподільної мережі

Найменування ділянки, номер електроприймача	Тип, марка провідника	Розрахунковий струм навантаження, А	Довжина провідників, м	Перетин провідників, мм ² на фазу	Тривало допустимий струм, А
1	2	3	4	5	6
КТП- точка приєднання	АС-95/16 (АС-35)	302	108	95/16	330
точка приєднання АЕ 400	АВВГ 4x240 (АВВГ 4x95)	210	80	240	343
АЕ 400-РГЗ	АВВГ 4x50	101	30	50	126
АЕ 400-ЦО2	АВВГ 4x2,5	6	30	2,5	19
1	АВВГ 4x6	19	17	6	34
2	АВВГ 4x10	26	20	10	46
3	АВВГ 4x16	33	24	16	62
4	АВВГ 4x2,5	9	32	2,5	19
5	АВВГ 4x4	12	38	2,5	27
6	АВВГ 4x2,5	6,5	44	2,5	19
7,8	АВВГ 4x2,5	8,7	56	2,5	19
9,16	АВВГ 4x6	18	15	6	34
10,11	АВВГ 4x2,5	3,8	20	2,5	19
12,13	АВВГ 4x16	28	36	16	62
14	АВВГ 4x4	16	42	4	27
15	АВВГ 4x2,5	3,5	50	2,5	19
17,18	АВВГ 4x4	13	10	4	27
19,20	АВВГ 4x2,5	9	42	2,5	19

Згідно ПУЕ захист від перевантаження обов'язковий:

- для мереж усередині приміщень, виконаних відкрито прокладеними провідниками з горючою зовнішньою оболонкою або ізоляцією;

- освітлювальних мереж в житлових і суспільних будівлях, торговельних приміщеннях, службово-побутових приміщеннях промислових підприємств, включаючи мережі для побутових і переносних ЕП, а також в пожежо-небезпечних зонах;

- силових мереж на промислових підприємствах, в житлових і суспільних будівлях, торговельних приміщеннях – лише у випадках, коли за умовами технологічного процесу або по режиму роботи мережі може виникати тривале перевантаження провідників;

- провідників силових, освітлювальних і вторинних ланцюгів в мережах напругою до 1 кВ у вибухонебезпечних зонах класів В-1, В-1а, В-П і В-Па.

Автоматами захисту електродвигунів, провідників і шинопроводів від дії великих струмів в мережах напругою до 1 кВ зазвичай служать плавкі запобіжники (з набором плавких вставок) і автоматичні вимикачі з електромагнітними, напівпровідниковими або комбінованими розчіплювачами – пристроями, що забезпечують відключення автомата при ненормальних по струму режимах в мережі [2].

Як апарати захисту вибираємо автомати ВА47-29. Автоматичні вимикачі ВА 47-29 і ВА 47-100 – електричні комутаційні апарати забезпечені двома системами захисту від надструму: електротепловою і електромагнітною, з взаємоузгодженими характеристиками. Передбачено одно-, двох-, трьох-, і чотирьополюсного виконання; монтаж автоматичних вимикачів виконують на 35 мм монтажну DIN-рейку. Автоматичні вимикачі ВА 47-29 і ВА 47-100 – сучасне покоління апаратів, призначених для захисту електричних ланцюгів від перевантажень і струмів короткого замикання (надструмів), а також для здійснення оперативного управління ділянками електричних ланцюгів. Вимикачі випускаються із захисними характеристиками В, С, D (А 47-100 лише С, D) [19].

Захищені апарати встановлюють на початку кожної гілки мережі, тобто на

кожній лінії, що відходить від шин підстанції і силових пунктів, на кожному відгалуженні від лінії, на трансформаторних вводах.

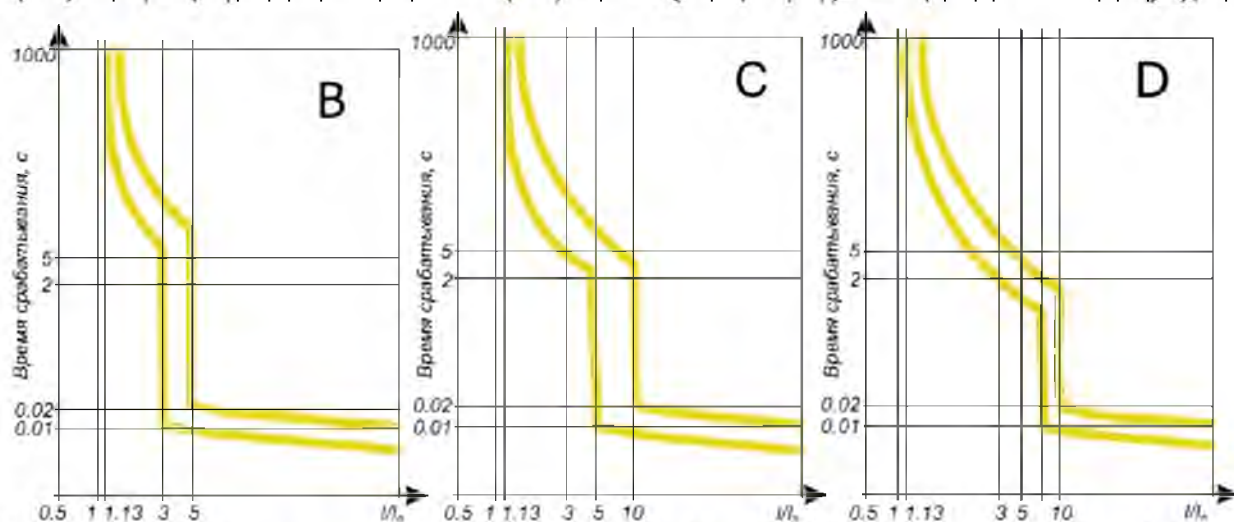


Рис. 3.1 Струмо-часові характеристики ВА47-29.

Лінія точка приєднання – АЕ 400, 1SF, лінія з групою електродвигунів [6]:

$I_n = 210 \text{ A}$ (з відповідні відомості навантажень по шинах нижчої напруги з КУ);

$$I_{n,d} \geq I_{n,p} \quad I_{n,p} \geq 1,1 I_n = 210 \cdot 1,1 = 232 \text{ A.} \quad (3.2)$$

Оскільки на РП кількість електродвигунів декілька, а найбільшим по потужності є фрезерний верстат, то [6]:

$$I_{n,нб} = \frac{P_{нб}}{\sqrt{3} V_n \cos \phi} = \frac{11}{1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,8} = 21 \text{ A.} \quad (3.3)$$

$$I_{ПК} = I_{нб} + I_M = I_{нб} + K_{II} I_n = 137 + 210 - 21 = 326 \text{ A.} \quad (3.4)$$

$$I_{II,нб} = 6,5 I_{н,нб} = 6,5 \cdot 21 = 137 \text{ A.} \quad (3.5)$$

$$I_0 \geq 1,2 I_{ПК} = 1,2 \cdot 326 = 391 \text{ A.} \quad (3.6)$$

$$K_0 \geq \frac{I_0}{I_{n,p}} \quad (3.7)$$

$$K_0 \geq \frac{I_0}{I_{n,p}} = \frac{391}{210} = 1,9.$$

Приймаємо $K_0 = 2$.

До реконструкції на вході в будівлю був встановлений автоматичний

вимикач А3143-250 А.

$$U_{н.а} = 500В; I_{н.а} = 250А; I_{i.д} = 250А; I_{откл} = 40кА.$$

Даний вимикач не вимагає заміни.

Лінія АЕ 400- ЩО2, лінія без електродвигунів:

$$I_{н.а} \geq I_{н.р}; I_{н.р} \geq I_M = 6,1 А.$$

По довіднику вибирається автоматичний вимикач ВА47-29 3Р 8А:

$$U_{н.а} = 400В; I_{н.а} = 8А; I_{i.д} = 8А; I_{откл} = 4,5кА.$$

Лінія АЕ 400 -РПЗ, 1SF, лінія з групою електродвигунів:

$I_i = 101А$ (із звідної відомості навантажень на шинах низької напруги з КУ);

$$I_{н.а} \geq I_{н.р}; \quad (3.8)$$

$$I_{i.д} \geq 1,1I_i = 101 \cdot 1,1 = 111А.$$

Оскільки на РП кількість електродвигунів декілька, а найбільшим по потужності є фрезерний верстат, то

$$I_{н.нб} = \frac{P_n}{\sqrt{3}V_n \cos\varphi} = \frac{11}{1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,8} = 21 А.$$

$$I_{ШК} = I_{П.нб} + I_M - I_{н.нб} K_{II} = 137 + 101 - 21 = 217 А.$$

$$I_{н.нб} = 6,5I_{н.нб} = 6,5 \cdot 21 = 137 А.$$

$$I_0 \geq 1,2I_{ШК} = 1,2 \cdot 217 = 260 А.$$

$$K_0 \geq \frac{I_0}{I_{i.д}} = \frac{260}{125} = 2,1$$

По довіднику вибирається автоматичний вимикач ВА53-37 3Р

$$U_{н.а} = 380В; I_{н.а} = 160А; I_{н.р} = 125А; I_{откл} = 20кА.$$

Сушильна шафа (1) $P_H = 12кВт$; $\cos\varphi = 0,95$.

$$I_{дл} = \frac{P_n}{\sqrt{3}V_n \cos\varphi} = \frac{12}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,95} = 19 А.$$

$$I_{н.а} \geq I_{н.р}$$

Для лінії без електродвигунів

$$I_{н.р} \geq I_{дл} = 19 \text{ A.}$$

Вибираємо ВА47-29 3Р 20А $U_{i.a} = 400\text{В}$; $I_{i.a} = 20\text{А}$; $I_{i.\delta} = 20\text{А}$;

$$I_{откл} = 4,5\text{кА}$$

Установка загартування (2) $P_H = 12\text{кВт}$; $\cos\varphi = 0,7$.

$$I_{дл} = \frac{P_H}{\sqrt{3}V_H \cos\varphi} = \frac{12}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,7} = 26 \text{ A.}$$

$$I_{н.а} \geq I_{н.р}.$$

Для лінії без електродвигунів

$$I_{н.р} \geq I_{дл} = 26 \text{ A.}$$

Вибираємо ВА47-29 3Р 32А $U_{i.a} = 400\text{В}$; $I_{i.a} = 32\text{А}$; $I_{i.\delta} = 32\text{А}$;

$$I_{откл} = 4,5\text{кА}$$

Установка загартування (3) $P_H = 15\text{кВт}$; $\cos\varphi = 0,7$.

$$I_{дл} = \frac{P_H}{\sqrt{3}V_H \cos\varphi} = \frac{15}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,7} = 33 \text{ A.}$$

$$I_{н.а} \geq I_{н.р}.$$

Для лінії без електродвигунів

$$I_{н.р} \geq I_{дл} = 33 \text{ A.}$$

Вибираємо ВА47-29 3Р 40А $U_{i.a} = 400\text{В}$; $I_{i.a} = 40\text{А}$; $I_{i.\delta} = 40\text{А}$;

$$I_{откл} = 4,5\text{кА}$$

Вертикально свердлувальний верстат (4) $P_H = 4\text{кВт}$; $\cos\varphi = 0,65$.

$$I_{дл} = \frac{P_H}{\sqrt{3}V_H \cos\varphi} = \frac{4}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,65} = 9 \text{ A.}$$

$$I_{н.а} \geq I_{н.р},$$

$$I_{н.р} \geq 1,2I_{дл} = 1,2 \cdot 9 = 12 \text{ A.}$$

Вибираємо ВА47-29 3P 32A $U_{i.a} = 400V$; $I_{i.a} = 32A$; $I_{i.\delta} = 12A$;
 $I_{откл} = 4,5kA$
 $I_0 \geq 1,2I_{II} = 1,2 \cdot 7 \cdot 9 = 76 A.$

$K_0 \geq \frac{I_0}{I_{i.\delta}} = \frac{76}{12} = 6,3$
 Вибираємо автоматичний вимикач з характеристикою С.
 Вертикально-свердлувальний верстат (5) $P_H = 5,5kВт$; $\cos\varphi = 0,7$.

$I_D = \frac{P_H}{\sqrt{3}V_n \cos\varphi} = \frac{5,5}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,7} = 12 A.$
 $I_{н.а} \geq I_{н.р}$
 $I_{н.р} \geq 1,2I_D = 1,2 \cdot 12 = 15,6 A.$

Вибираємо ВА47-29 3P 16A $U_{i.a} = 400V$; $I_{i.a} = 16A$; $I_{i.\delta} = 16A$;
 $I_{откл} = 4,5kA$
 $I_0 \geq 1,2I_{II} = 1,2 \cdot 7 \cdot 12 = 100 A.$
 $K_0 \geq \frac{I_0}{I_{i.\delta}} = \frac{100}{13} = 7,8$

Вибираємо автомат з характеристикою D.
 Шліфувальний верстат (6) $P_H = 3kВт$; $\cos\varphi = 0,7$.

$I_D = \frac{P_H}{\sqrt{3}V_n \cos\varphi} = \frac{3}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,7} = 6,5 A.$
 $I_{н.а} \geq I_{н.р}$
 $I_{н.р} \geq 1,2I_D = 1,2 \cdot 6,5 = 7,8 A.$

Вибираємо ВА47-29 3P 8A $U_{i.a} = 400V$; $I_{i.a} = 8A$; $I_{i.\delta} = 8A$; $I_{откл} = 4,5kA$
 $I_0 \geq 1,2I_{II} = 1,2 \cdot 6,5 \cdot 7 = 55 A.$
 $K_0 \geq \frac{I_0}{I_{i.\delta}} = \frac{55}{8} = 6,9$

Вибираємо автомат з характеристикою D.

Шліфувальний верстат (7,8) $P_H = 4 \text{ кВт} ; \cos \varphi = 0,7$.

$$I_D = \frac{P_H}{\sqrt{3} V_n \cos \varphi} = \frac{4}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,7} = 8,7 \text{ А.}$$

$$I_{н.а} \geq I_{н.р},$$

$$I_{н.р} \geq 1,2 I_D = 1,2 \cdot 8,7 = 10 \text{ А.}$$

Вибираємо ВА47-29 3P 13A $U_{i.a} = 400 \text{ В} ; I_{i.a} = 13 \text{ А} ; I_{i.o} = 13 \text{ А} ; I_{откл} = 4,5 \text{ кА}$.

$$I_0 \geq 1,2 I_D = 1,2 \cdot 8,7 \cdot 7 = 73 \text{ А.}$$

$$K_0 \geq \frac{I_0}{I_{н.р}} = \frac{73}{13} = 5,6.$$

Вибираємо автомат з характеристикою C

Токарний верстат (9,16) $P_H = 7,5 \text{ кВт} ; \cos \varphi = 0,65$.

$$I_D = \frac{P_H}{\sqrt{3} V_n \cos \varphi} = \frac{7,5}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,65} = 18 \text{ А.}$$

$$I_{н.а} \geq I_{н.р},$$

$$I_{н.р} \geq 1,2 I_D = 1,2 \cdot 18 = 21 \text{ А.}$$

Вибираємо ВА47-29 3P 25A $U_{i.a} = 400 \text{ В} ; I_{i.a} = 25 \text{ А} ; I_{i.o} = 25 \text{ А} ;$

$$I_{откл} = 4,5 \text{ кА}$$

$$I_0 \geq 1,2 I_D = 1,2 \cdot 18 \cdot 7 = 151 \text{ А.}$$

$$K_0 \geq \frac{I_0}{I_{н.р}} = \frac{151}{25} = 6.$$

Вибираємо автомат з характеристикою C.

Верстат балансувальний (10, 11) $D_I = 1,5 \text{ кВт} ; \cos \varphi = 0,6$.

$$I_D = \frac{P_H}{\sqrt{3} V_n \cos \varphi} = \frac{1,5}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,6} = 3,8 \text{ А.}$$

$$I_{н.а} \geq I_{н.р},$$

$$I_{н.р} \geq 1,2 I_D = 1,2 \cdot 3,8 = 4,4 \text{ А.}$$

Вибираємо ВА47-29 3P 5A $U_{i.a} = 400V$; $I_{i.a} = 5A$; $I_{i.\delta} = 5A$; $I_{откл} = 4,5кА$.

$$I_0 \geq 1,2I_{II} = 1,2 \cdot 3,8 \cdot 7 = 32 \text{ A.}$$

$$K_0 \geq \frac{I_0}{I_{i.\delta}} = \frac{32}{5} = 6,4$$

Вибираємо автомат з характеристикою D.

Фрезерний верстат (12,13) $P_n = 1кВт$, $\cos\varphi = 0,8$.

$$I_{II} = \frac{P_n}{\sqrt{3}V_n \cos\varphi} = \frac{11}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,8} = 28 \text{ A.}$$

$$I_{н.а} \geq I_{н.р},$$

$$I_{н.р} \geq 1,2I_{II} = 1,2 \cdot 28 = 34 \text{ A.}$$

Вибираємо ВА47-29 3P 40A $U_{i.a} = 400V$; $I_{i.a} = 40A$; $I_{i.\delta} = 40A$; $I_{откл} = 4,5кА$

$$I_0 \geq 1,2I_{II} = 1,2 \cdot 28 \cdot 7 = 235 \text{ A.}$$

$$K_0 \geq \frac{I_0}{I_{н.р}} = \frac{235}{40} = 5,8.$$

Вибираємо автомат з характеристикою C.

Фрезерний верстат (14) $P_n = 7,5кВт$; $\cos\varphi = 0,7$.

$$I_{II} = \frac{P_n}{\sqrt{3}V_n \cos\varphi} = \frac{7,5}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,7} = 16,3 \text{ A.}$$

$$I_{н.а} \geq I_{н.р},$$

$$I_{н.р} \geq 1,2I_{II} = 1,2 \cdot 16,3 = 19,5 \text{ A.}$$

Вибираємо ВА47-29 3P 20A $U_{i.a} = 400V$; $I_{i.a} = 20A$; $I_{i.\delta} = 20A$;

$I_{откл} = 4,5кА$,

$$I_0 \geq 1,2I_{II} = 1,2 \cdot 16,3 \cdot 7 = 137 \text{ A.}$$

$$K_0 \geq \frac{I_0}{I_{н.р}} = \frac{137}{20} = 6,9.$$

Вибираємо автомат з характеристикою D.

Машина для клепаання (15) $P_H = 1,5 \text{ кВт}$; $\cos \varphi = 0,65$.

$$I_D = \frac{P_H}{\sqrt{3} V_n \cos \varphi} = \frac{1,5}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,65} = 3,5 \text{ А.}$$

$$I_{н.а} \geq I_{н.р},$$

$$I_{н.р} \geq 1,2 I_D = 1,2 \cdot 3,5 = 4,2 \text{ А.}$$

Вибираємо ВА47-29 3P 5A $U_{i.a} = 400 \text{ В}$; $I_{i.a} = 5 \text{ А}$; $I_{i.d} = 5 \text{ А}$; $I_{откл} = 4,5 \text{ кА}$.

$$I_0 \geq 1,2 I_{II} = 1,2 \cdot 3,5 \cdot 7 = 29,5 \text{ А.}$$

$$K_0 \geq \frac{I_0}{I_{н.р}} = \frac{29,5}{5} = 6.$$

Вибираємо автомат з характеристикою С.

Токарний верстат (17,18) $P_H = 5,5 \text{ кВт}$; $\cos \varphi = 0,65$.

$$I_D = \frac{P_H}{\sqrt{3} V_n \cos \varphi} = \frac{5,5}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,65} = 13 \text{ А.}$$

$$I_{i.a} \geq I_{i.d},$$

$$I_{н.р} \geq 1,2 I_D = 1,2 \cdot 13 = 15 \text{ А.}$$

Вибираємо ВА47-29 3P 16A $U_{i.a} = 400 \text{ В}$; $I_{i.a} = 16 \text{ А}$; $I_{i.d} = 16 \text{ А}$;

$I_{откл} = 4,5 \text{ кА}$.

$$I_0 \geq 1,2 I_{II} = 1,2 \cdot 13 \cdot 7 = 109 \text{ А.}$$

$$K_0 \geq \frac{I_0}{I_{н.р}} = \frac{109}{16} = 6,8.$$

Вибираємо автомат з характеристикою D.

Алмазно-розточувальний верстат (19,20) $P_H = 4 \text{ кВт}$; $\cos \varphi = 0,65$.

$$I_D = \frac{P_H}{\sqrt{3} V_n \cos \varphi} = \frac{4}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,65} = 9 \text{ А.}$$

$$I_{н.а} \geq I_{н.р},$$

$$I_{н.р} \geq 1,2 I_D = 1,2 \cdot 9 = 12 \text{ А.}$$

Вибираємо ВА47-29 3P-12A $U_{i.a} = 400V$; $I_{i.a} = 12A$; $I_{i.o} = 12A$;

$$I_{откл} = 4,5A.$$

$$I_0 \geq 1,2I_{п} = 1,2 \cdot 7 \cdot 9 = 76 A.$$

$$K_0 \geq \frac{I_0}{I_{н.р}} = \frac{76}{12} = 6,3.$$

Вибираємо автомат з характеристикою С.

3.3. Розрахунок і вибір параметрів ліній електропостачання

Вибираються лінії електропостачання з врахуванням відповідності апаратам захисту згідно умові:

$$I_{доп} \geq K_{зщ} I_{у(п)}, \quad (3.9)$$

де $K_{зщ} = 1$ - для нормальних (безлечних) приміщень.

Лінія точка приєднання – АЕ 400, 1SF, лінія з групою електродвигунів:

$$I_{доп} \geq K_{зщ} I_{у(п)} = 1 \cdot 1,25 \cdot 250 = 312 A.$$

Перевіримо згідно табл.3.1 правильність вибору кабелю. Кабель силової АВВГ 4x2,5 розрахований на 343 А, означає перетин вибрано правильно.

Лінія АЕ 400- ЩО2, лінія без електродвигунів:

$$I_{доп} \geq K_{зщ} I_{у(п)} = 1 \cdot 1,25 \cdot 8 = 10 A.$$

Перевіримо по табл.3.1 правильність вибору кабелю. Кабель силової АВВГ 4x2,5 розрахований на 19 А, означає перетин вибрано правильно.

Лінія АЕ 400 - РПЗ, 1SF, лінія з групою електродвигунів:

$$I_{доп} \geq K_{зщ} I_{у(п)} = 1 \cdot 1,25 \cdot 125 = 156 A.$$

Перевіримо по табл.3.1 правильність вибору кабелю. Кабель силової АВВГ 4x95 розрахований на 190 А, означає перетин вибрано правильно.

Лінія РПЗ – сушильна шафа (1)

$$I_{доп} \geq K_{зщ} I_{у(п)} = 1 \cdot 1,25 \cdot 20 = 25 A.$$

Перевіримо по табл.3.1 правильність вибору кабелю. Кабель силової АВВГ 4х6 розрахований на 34 А, означає перетин вибрано правильно.

Лінія РПЗ – установка загартування (2)

$$I_{\text{доп}} \geq K_{\text{зщ}} I_{\text{у(п)}} = 1 \cdot 1,25 \cdot 32 = 40 \text{ А.}$$

Перевіримо по таблиці 3 правильність вибору кабелю. Кабель силової АВВГ 4х10 розрахований на 46 А, означає перетин вибрано правильно.

Лінія РПЗ – установка загартування (3)

$$I_{\text{доп}} \geq K_{\text{зщ}} I_{\text{у(п)}} = 1 \cdot 1,25 \cdot 40 = 50 \text{ А.}$$

Перевіримо по табл.3.1 правильність вибору кабелю. Кабель силової АВВГ 4х10 розрахований на 62 А, означає перетин вибрано правильно.

Лінія РПЗ – вертикально свердлувальний верстат (4)

$$I_{\text{доп}} \geq K_{\text{зщ}} I_{\text{у(п)}} = 1 \cdot 1,25 \cdot 12 = 15 \text{ А.}$$

Перевіримо по табл.3.1 правильність вибору кабелю. Кабель силової АВВГ 4х2,5 розрахований на 19 А, означає перетин вибрано правильно.

Лінія РПЗ – вертикально свердлувальний верстат (5)

$$I_{\text{доп}} \geq K_{\text{зщ}} I_{\text{у(п)}} = 1 \cdot 1,25 \cdot 16 = 20 \text{ А.}$$

Перевіримо по табл.3.1 правильність вибору кабелю. Кабель силової АВВГ 4х4 розрахований на 27 А, означає перетин вибрано правильно.

Лінія РПЗ – шліфувальний верстат (6)

$$I_{\text{доп}} \geq K_{\text{зщ}} I_{\text{у(п)}} = 1 \cdot 1,25 \cdot 8 = 10 \text{ А.}$$

Перевіримо по табл.3.1 правильність вибору кабелю. Кабель силової АВВГ 4х2,5 розрахований на 19 А, означає перетин вибрано правильно.

Лінія РПЗ – шліфувальний верстат (7,8)

$$I_{\text{доп}} \geq K_{\text{зщ}} I_{\text{у(п)}} = 1 \cdot 1,25 \cdot 13 = 16 \text{ А.}$$

Перевіримо по табл.3.1 правильність вибору кабелю. Кабель силової АВВГ 4х2,5 розрахований на 19 А, означає перетин вибрано правильно.

Лінія РПЗ – токарний верстат (9,16)

$$I_{\text{доп}} \geq K_{\text{зщ}} I_{\text{у(п)}} = 1 \cdot 1,25 \cdot 25 = 31 \text{ А.}$$

Перевіримо по табл.3.1 правильність вибору кабелю. Кабель силової АВВГ 4х6 розрахований на 34 А, означає перетин вибрано правильно.

Лінія РПЗ – верстат балансувальний (10,11)

$$I_{\text{доп}} \geq K_{\text{зщ}} I_{\text{у(п)}} = 1 \cdot 1,25 \cdot 5 = 6,3 \text{ А.}$$

Перевіримо по табл.3.1 правильність вибору кабелю. Кабель силової АВВГ 4х2,5 розрахований на 19 А, означає перетин вибрано правильно.

Лінія РПЗ – фрезерний верстат (12,13)

$$I_{\text{доп}} \geq K_{\text{зщ}} I_{\text{у(п)}} = 1 \cdot 1,25 \cdot 40 = 50 \text{ А.}$$

Перевіримо по табл.3.1 правильність вибору кабелю. Кабель силової АВВГ 4х16 розрахований на 62 А, означає перетин вибрано правильно.

Лінія РПЗ – фрезерний верстат (14)

$$I_{\text{доп}} \geq K_{\text{зщ}} I_{\text{у(п)}} = 1 \cdot 1,25 \cdot 20 = 25 \text{ А.}$$

Перевіримо по табл.3.1 правильність вибору кабелю. Кабель силової АВВГ 4х4 розрахований на 27 А, означає перетин вибрано правильно.

Лінія РПЗ – машина для клепаюча (15)

$$I_{\text{доп}} \geq K_{\text{зщ}} I_{\text{у(п)}} = 1 \cdot 1,25 \cdot 5 = 6,3 \text{ А.}$$

Перевіримо по табл.3.1 правильність вибору кабелю. Кабель силової АВВГ 4х2,5 розрахований на 19 А, означає перетин вибрано правильно.

Лінія РПЗ – токарний верстат (17,18)

$$I_{\text{доп}} \geq K_{\text{зщ}} I_{\text{у(п)}} = 1 \cdot 1,25 \cdot 16 = 20 \text{ А.}$$

Перевіримо по табл.3.1 правильність вибору кабелю. Кабель силової АВВГ 4х4 розрахований на 27 А, означає перетин вибрано правильно.

Алмазно-розточувальний верстат (19,20)

$$I_{\text{доп}} \geq K_{\text{зщ}} I_{\text{у(п)}} = 1 \cdot 1,25 \cdot 12 = 15 \text{ А.}$$

Перевіримо по табл.3.1 правильність вибору кабелю. Кабель силової АВВГ 4х2,5 розрахований на 19 А, означає перетин вибрано правильно.

Таблиця 3.2

Результати вибору захисних апаратів

Найменування РП	Електроприймачі				Апарати захисту			Лінія електропостачання		
	№ п/п	n	$P_{н,}$ кВт	$I_{н,}$ А	тип	$I_{н.р,}$ А	$I_{на,}$ А	марка	$I_{доп,}$ А	L, м
Сушильна шафа	1	1	12	19	ВА47-29	20	20	АВВГ 4x6	34	17
Установка загартування	2	1	12	26	ВА47-29	32	32	АВВГ 4x10	46	20
Установка загартування	3	1	15	33	ВА47-29	40	40	АВВГ 4x16	62	24
Вертикально-свердлувальний верстат	4	1	4	9	ВА47-29	32	32	АВВГ 4x2,5	19	32
	5	1	5,5	12	ВА47-29	16	16	АВВГ 4x4	27	38
Шліфувальний верстат	6	1	3	6,5	ВА47-29	8	8	АВВГ 4x2,5	19	44
Шліфувальні верстати	7,8	2	4	8,7	ВА47-29	13	13	АВВГ 4x2,5	19	56
Токарні верстати	9,16	2	7,5	18	ВА47-29	25	25	АВВГ 4x6	34	15
Верстати балансувальні	10,11	2	1,5	3,8	ВА47-29	5	5	АВВГ 4x2,5	19	20
Фрезерні верстати	12,13	2	11	28	ВА47-29	40	40	АВВГ 4x16	62	36
Фрезерний верстат	14	1	7,5	16	ВА47-29	20	20	АВВГ 4x4	27	42
Машина, що клепає	15	1	1,5	3,5	ВА47-29	5	5	АВВГ 4x2,5	19	50
Токарні верстати	17,18	2	5,5	13	ВА47-29	16	16	АВВГ 4x4	27	10
Алмазно-розточувальні верстати	19,20	2	4	9	ВА47-29	12	12	АВВГ 4x2,5	19	42
Опалювання, вентиляція і освітлення ОПУ	17	1	9	19	ВА47-29	16	63	АВВГ 3x4	21	16

3.4. Розрахунок струмів короткого замикання

Струми к.з. розраховують для тих точок мережі, при к.з. в яких апарати і струмовідні частини знаходитимуться в найбільш важких умовах.

Особливість розрахунку струмів к.з. в установках напругою до 1 кВ полягає в тому, що окрім індуктивних враховуються і активні опори ланцюгу к.з. (повітряних і кабельних ліній, обмоток силових трансформаторів, шин, комутаційної апаратури і так далі). При розрахунках, згідно ПУЕ і СН 174-75, слід виходити з наступних умов:

- напруга трансформатора незмінна і потужність системи не обмежена, тобто $x_c = 0$ (ця умова виконується, якщо потужність системи приблизно в 50 разів більше потужності трансформатора);

- по режиму к.з. в мережах до 1 кВ повинні перевірятися лише елементи, вказані в ПУЕ, тобто розподільні щити, силові шафи і струмопроводи;

- по термічній стійкості до струмів к.з. не перевіряються елементи, що захищаються плавкими запобіжниками, якщо час їх перегорання менш 0,04 с. При такій швидкості відключення ланцюга струм к.з. не встигає досягти амплітудного значення і, отже, дію надаватиме лише те значення струму, при якому запобіжник спрацював.

Для обчислення струмів к.з. складають розрахункову схему, на яку наносять всі дані, необхідні для розрахунку, і точки, в яких слід визначити струми к.з. За розрахунковою схемою складають схему заміщення, в якій всі елементи представляють у вигляді індуктивних і активних опорів, виражених у відносних одиницях або омах [5].

Для розрахунку струмів к.з. необхідно вибрати характерну лінію. Звичайно це лінія з найбільш потужним або найбільш видаленим електроприймачем.

Виходячи з табл. 3.2, таким приймачем може бути № 7 – шліфувальний верстат.

Таким чином, вихідними даними для розрахунку струмів к.з. є:

Шліфувальний верстат:

$$P_n = 4 \text{ кВт}, \cos \varphi = 0,7, \text{tg } \varphi = 0,33.$$

$$L_{ВН} = 270 \text{ м}; L_{ДЛ} = 108 \text{ м}; L_{КД} = 80 \text{ м}; L_{КЛ2} = 30 \text{ м}; L_{КЛ3} = 56 \text{ м}.$$

Потрібно:

- скласти схему заміщення, пронумерувати точки к.з.;
- розрахувати опори і нанести їх на схему заміщення;
- визначити струми к.з. в кожній точці і скласти «Зведену відомість струмів к.з.» (табл. 3.3).

а) складається схема заміщення і нумеруються точки к.з. відповідно до розрахункової схеми;

б) обчислюються опори елементів і наносяться на схему заміщення.

Для системи:

$$I_c = \frac{S_x}{\sqrt{3}U_c} = \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 10} = 14,44. \quad (3.10)$$

Зовнішня ПЛ АС – 3x35/6,2; $I_{доп} = 120 \text{ А}$.

$$x_o = 0,4 \text{ Ом/км},$$

$$x'_c = x_o L_c = 0,4 \cdot 0,270 = 0,108 \text{ Ом}. \quad (3.11)$$

$$r_o = \frac{10^3}{\gamma \cdot S} = \frac{10^3}{30 \cdot 35} = 0,95 \text{ Ом/км}. \quad (3.12)$$

$$R'_c = r_o \cdot L_c = 0,95 \cdot 0,270 = 0,256 \text{ Ом}. \quad (3.13)$$

Опори наводяться до НН:

$$R_c = R'_c \cdot \left(\frac{U_{НН}}{U_{ВН}} \right)^2 = 0,256 \cdot \left(\frac{0,4}{10} \right)^2 \cdot 10^3 = 0,41 \text{ мОм}, \quad (3.14)$$

$$X_c = X'_c \cdot \left(\frac{U_{НН}}{U_{ВН}} \right)^2 = 0,108 \cdot \left(\frac{0,4}{10} \right)^2 \cdot 10^3 = 0,173 \text{ мОм}. \quad (3.15)$$

Для силового трансформатора $R_T = 9,4 \text{ мОм}$; $X_T = 27,3 \text{ мОм}$,

$$Z_T^{(1)} = 311 \text{ мОм} [18].$$

Для автоматів (згідно [18]): SF1 $R_{1SF} = 0,1 \text{ мОм}$; $X_{1SF} = 0,1 \text{ мОм}$; $R_{mSF} = 0,15 \text{ мОм}$.

SF2 $R_{2SF} = 2,4 \text{ мОм}$; $X_{2SF} = 2 \text{ мОм}$; $R_{mSF} = 1 \text{ мОм}$.

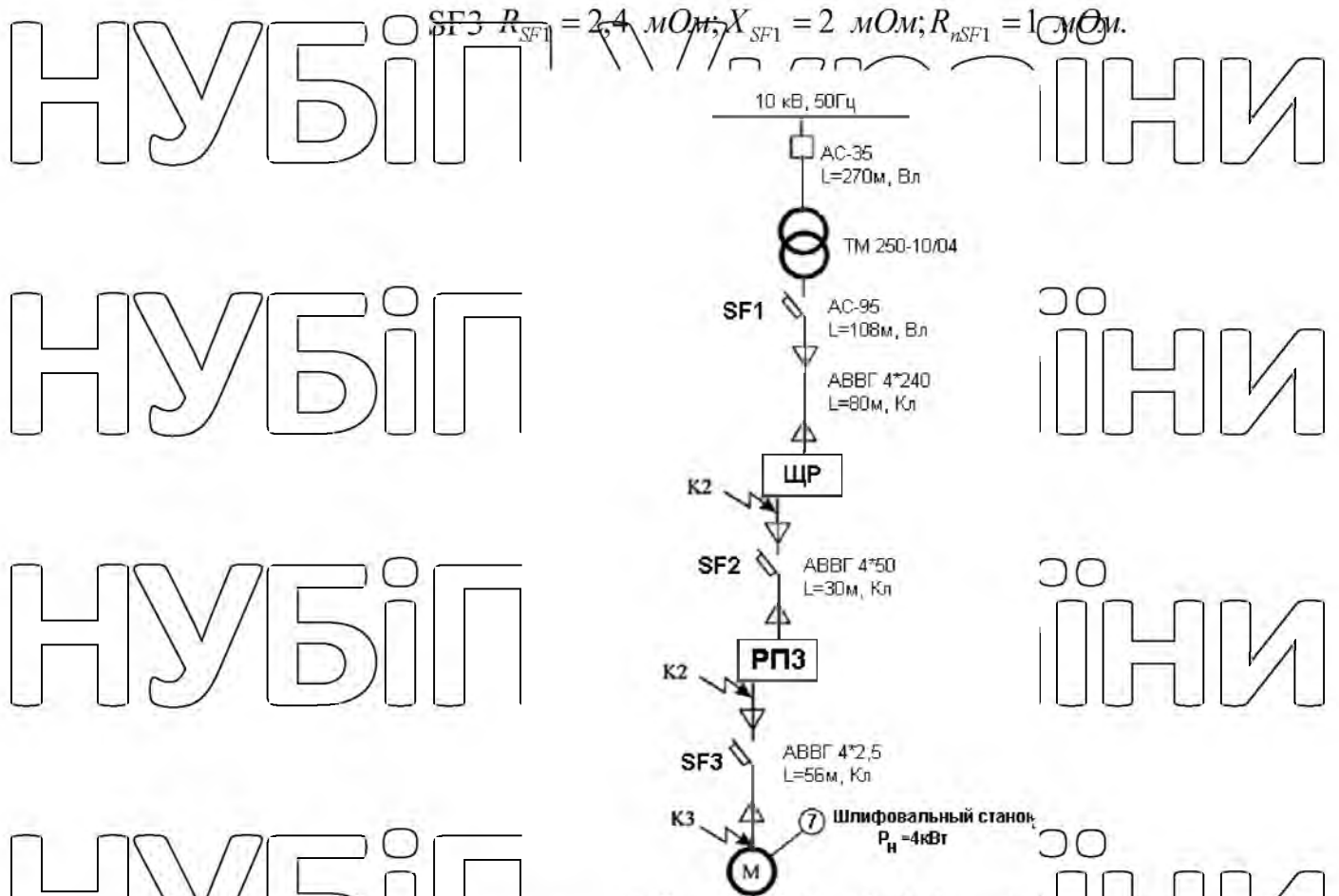


Рис. 3.2. Схема електропостачання розрахункова

Для повітряної лінії згідно [18]: ПЛ : $r_o = 0,329 \text{ мОм/м}; x_o = 0,06 \text{ мОм/м}.$

$$R_{ПЛ} = r_o \cdot L_{ПЛ} = 0,329 \cdot 108 = 36 \text{ мОм}, \quad (3.16)$$

$$X_{ПЛ} = x_o \cdot L_{ПЛ} = 0,06 \cdot 108 = 6,5 \text{ мОм}. \quad (3.17)$$

КЛ1: $r_o = 0,13 \text{ мОм/м}; x_o = 0,077 \text{ мОм/м}.$

$$R_{КЛ1} = r_o \cdot L_{КЛ1} = 0,13 \cdot 80 = 10,4 \text{ мОм},$$

$$X_{КЛ1} = x_o \cdot L_{КЛ1} = 0,077 \cdot 80 = 6,2 \text{ мОм}.$$

КЛ2: $r_o = 0,625 \text{ мОм/м}; x_o = 0,085 \text{ мОм/м}.$

$$R_{КЛ2} = r_o \cdot L_{КЛ2} = 0,625 \cdot 30 = 18,7 \text{ мОм}.$$

$$X_{КЛ2} = x_o \cdot L_{КЛ2} = 0,085 \cdot 30 = 2,6 \text{ мОм}.$$

КЛ3: $r_o = 12,5 \text{ мОм/м}; x_o = 0,116 \text{ мОм/м}.$

$$R_{КЛ3} = r_o \cdot L_{КЛ3} = 12,5 \cdot 56 = 700 \text{ мОм},$$

$$X_{KЛ1} = x_p \cdot L_{KЛ1} = 0,085 \cdot 30 = 6,5 \text{ мОм},$$

Для рівнів розподілу згідно [18]: $R_{C1} = 15 \text{ мОм}$; $R_{C2} = 20 \text{ мОм}$

Спрощена схема заміщення; обчислюються еквівалентні опори на ділянках між точками к.з. і наносяться на схему (рис. 3.3).

$$R_{E1} = R_{C1} + R_T + R_{SF1} + R_{IISF1} = 0,41 + 9,4 + 0,1 + 0,15 = 10,1 \text{ мОм},$$

$$X_{E1} = X_C + X_T + X_{ISF1} = 0,173 + 27,3 + 0,1 = 27,6 \text{ мОм},$$

$$R_{E2} = R_{III} + R_{KЛ1} + R_{C1} + R_{SF2} + R_{IISF2} + R_{KЛ2} + R_{C2}$$

$$R_{E2} = 36 + 10,4 + 15 + 2,4 + 1 + 18,7 + 20 = 83,5 \text{ мОм}.$$

$$X_{E2} = X_{III} + X_{KЛ1} + X_{SF2} + X_{KЛ2} = 6,5 + 6,2 + 2 + 2,6 = 17,3,$$

$$R_{E3} = R_{SF3} + R_{IISF3} + R_{KЛ3} = 2,4 + 2 + 700 = 704 \text{ мОм}.$$

$$X_{E3} = X_{KЛ} + X_{SF3} = 2 + 6,5 = 8,5 \text{ мОм}.$$

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

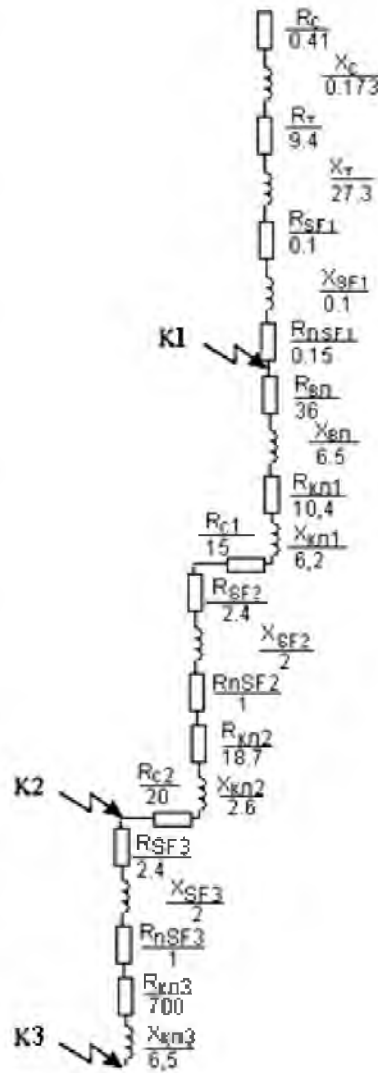
НУБІП України

НУБІІ

НУБІІ

НУБІІ

НУБІІ



) НИ

) НИ

) НИ

) НИ

Рис. 3.3. Схема заміщення.

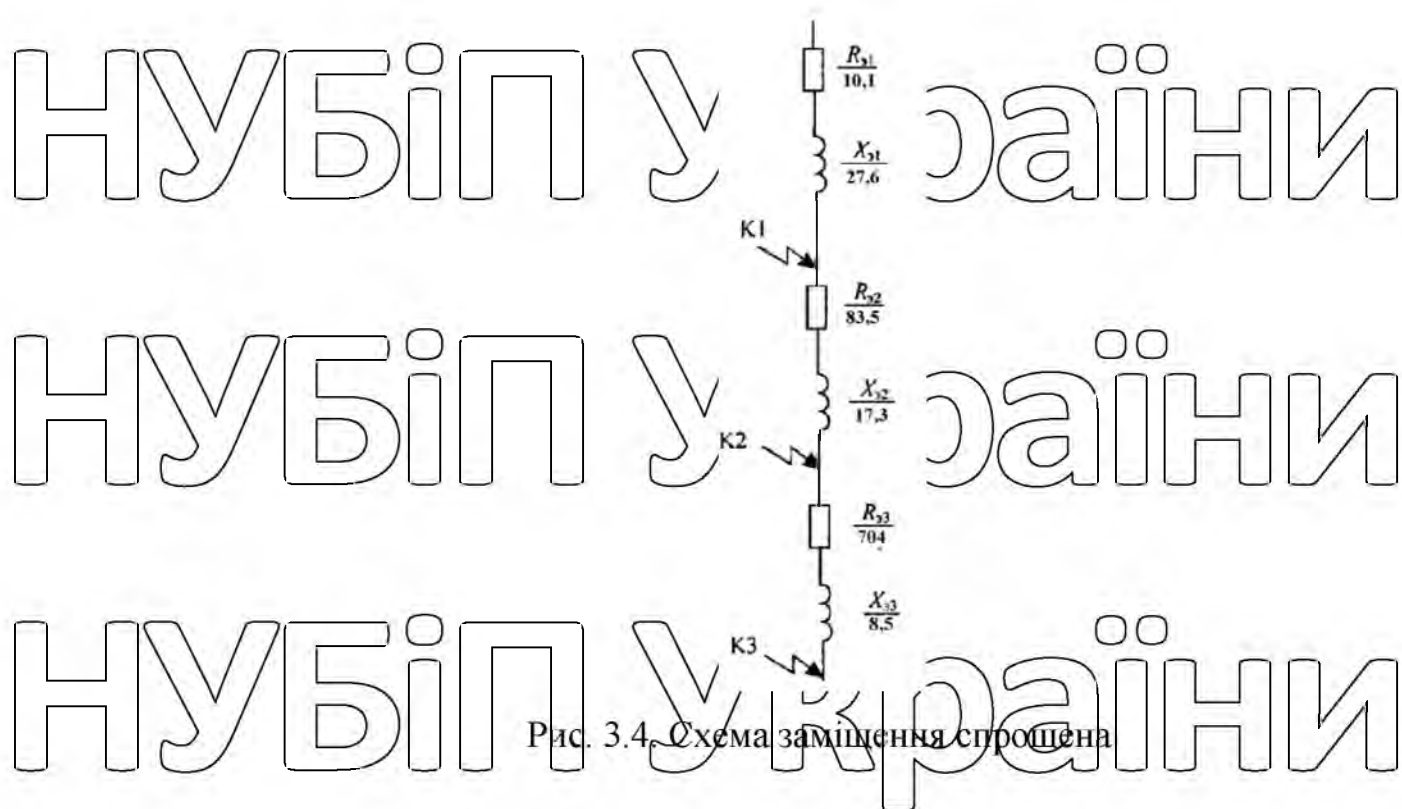
Обчислюються опори до кожної точки к.з. і заносяться в табл. 3.3.

$$R_{K1} = R_{E1} = 10,1 \text{ мОм}; \quad X_{K1} = X_{E1} = 27,6 \text{ мОм},$$

$$Z_{K1} = \sqrt{R_{K1}^2 + X_{K1}^2} = \sqrt{10,1^2 + 27,6^2} = 29,4 \text{ мОм} \circ$$

НУБІІП УКРАЇНИ

НУБІІП УКРАЇНИ



$$R_{K2} = R_{E1} + R_{E2} = 10,1 + 83,5 = 93,6 \text{ мОм},$$

$$X_{K2} = X_{E1} + X_{E2} = 27,6 + 17,3 = 44,9 \text{ мОм},$$

$$Z_{K2} = \sqrt{R_{K2}^2 + X_{K2}^2} = \sqrt{93,6^2 + 44,9^2} = 104 \text{ мОм},$$

$$R_{K3} = R_{K2} + R_{E3} = 93,6 + 704 = 798 \text{ мОм},$$

$$X_{K3} = X_{K2} + X_{E3} = 44,9 + 8,5 = 53 \text{ мОм},$$

$$Z_{K3} = \sqrt{R_{K3}^2 + X_{K3}^2} = \sqrt{651,4^2 + 18,8^2} = 652 \text{ мОм},$$

$$\frac{R_{K1}}{X_{K1}} = \frac{10,1}{27,6} = 0,37,$$

$$\frac{R_{K2}}{X_{K3}} = \frac{93,6}{44,9} = 2,1,$$

$$\frac{R_{K3}}{X_{K3}} = \frac{651,4}{18,8} = 35.$$

Визначаються коефіцієнти K_y і q

$$R_{y1} = F \left(\frac{R_{K1}}{X_{K1}} \right) = F(0,37) = 1,3.$$

$$K_{y2} = F\left(\frac{R_{K2}}{X_{K2}}\right) = F(2,1) = 1,0,$$

$$K_{y3} = F\left(\frac{R_{K3}}{X_{K3}}\right) = F(35) = 1,0,$$

$$q_1 = \frac{\sqrt{1+2 \cdot (K_{y1}-1)^2}}{\sqrt{1+2 \cdot (1,38-1)^2}} = 1,14,$$

$$q_2 = q_3 = 1.$$

Визначені трифазні і двофазні струми к.з. і заносяться в табл. 3.3.

$$I_{K1}^{(3)} = \frac{U_{K1}}{\sqrt{3} \cdot Z_{K1}} = \frac{0,4 \cdot 10^3}{1,73 \cdot 8,9} = 25 \text{ кА},$$

$$I_{K2}^{(3)} = \frac{U_{K2}}{\sqrt{3} \cdot Z_{K2}} = \frac{0,38 \cdot 10^3}{1,73 \cdot 25,5} = 9 \text{ кА},$$

$$I_{K3}^{(3)} = \frac{U_{K3}}{\sqrt{3} \cdot Z_{K3}} = \frac{0,38 \cdot 10^3}{1,73 \cdot 625} = 0,37 \text{ кА},$$

$$I_{yK1} = q_1 \cdot I_{K1}^{(3)} = 29 \text{ кА},$$

$$I_{yK2} = q_2 \cdot I_{K2}^{(3)} = 9 \text{ кА}$$

$$I_{yK3} = q_3 \cdot I_{K3}^{(3)} = 0,37 \text{ кА}$$

$$i_{yK1} = \sqrt{2} \cdot K_{y1} \cdot I_{K1}^{(3)} = 1,41 \cdot 1,38 \cdot 25 = 48,8 \text{ кА},$$

$$i_{yK2} = \sqrt{2} \cdot K_{y2} \cdot I_{K2}^{(3)} = 1,41 \cdot 1,0 \cdot 9 = 12,7 \text{ кА},$$

$$i_{yK3} = \sqrt{2} \cdot K_{y3} \cdot I_{K3}^{(3)} = 1,41 \cdot 1,0 \cdot 0,37 = 0,52 \text{ кА},$$

$$I_{K1}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{K1}^{(3)} = 0,87 \cdot 25 = 21,6 \text{ кА},$$

$$I_{K2}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{K2}^{(3)} = 0,87 \cdot 9 = 7,8 \text{ кА},$$

$$I_{K3}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{K3}^{(3)} = 0,87 \cdot 0,37 = 0,32 \text{ кА}.$$

Розрахунок однофазних струмів короткого замикання.

Складається схема замщення для розрахунку однофазних струмів к.з. (рис. 3.5) і визначаються опори.

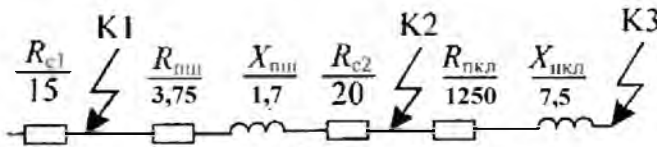


Рис. 3.5. Схема замщення для розрахунку однофазних струмів к.з.

Для кабельних ліній [6]:

$$X_{пкл2} = x_{om} \cdot L_{кпл} = 0,15 \cdot 50 = 7,5 \text{ мОм},$$

$$R_{пкл2} = 2r_0 \cdot L_{кпл} = 2 \cdot 12,5 \cdot 50 = 1250 \text{ мОм},$$

$$X_{пкл1} = x_{oml} \cdot L_{ш} = 0,034 \cdot 50 = 1,7 \text{ мОм},$$

$$R_{пкл1} = r_{oml} \cdot L_{ш} = 0,075 \cdot 50 = 3,75 \text{ мОм},$$

$$Z_{п1} = 15 \text{ мОм},$$

$$R_{п2} = R_{c1} + R_{пш} + R_{c2} = 15 + 3,75 + 20 = 38,75 \text{ мОм},$$

$$X_{п2} = X_{пш} = 1,7 \text{ мОм},$$

$$Z_{п2} = \sqrt{R_{п2}^2 + X_{п2}^2} = \sqrt{38,75^2 + 1,7^2} = 39 \text{ мОм},$$

$$R_{п3} = R_{п2} + R_{пкл} = 39 + 1250 = 1289 \text{ мОм},$$

$$X_{п3} = X_{пкл} + X_{п2} = 1,7 + 7,5 = 9,2 \text{ мОм},$$

$$Z_{п3} = \sqrt{R_{п3}^2 + X_{п3}^2} = \sqrt{1289^2 + 9,2^2} = 1290 \text{ мОм},$$

$$I_{к1}^{(1)} = \frac{U_{кф}}{Z_{п1} + Z_T^{(1)}/3} = \frac{0,23 \cdot 10^3}{15 + 81/3} = 5,5 \text{ кА},$$

$$I_{к2}^{(1)} = \frac{U_{кф}}{Z_{п2} + Z_T^{(1)}/3} = \frac{0,23 \cdot 10^3}{39 + 81/3} = 3,5 \text{ кА},$$

$$I_{к3}^{(1)} = \frac{U_{кф}}{Z_{п3} + Z_T^{(1)}/3} = \frac{0,23 \cdot 10^3}{1290 + 81/3} = 0,175 \text{ кА}.$$

Таблиця 3.3

Зведена відомість струмів к.з.

Точка к.з.	$R_K,$ МОм	$X_K,$ МОм	$Z_K,$ МОм	$\frac{R_K}{X_K}$	K_Y	q	$I_K^{(3)},$ кА	$i_V,$ кА	$I_\infty^{(3)},$ кА	$I_K^{(2)},$ кА	$Z_{П},$ МОм	$I_K^{(1)},$ кА
К1	2,42	8,6	8,9	0,28	1,38	1,14	25	48,8	25	21,6	15	5,5
К2	23,02	11	25,5	2,1	1,0	1	9	12,7	9	7,8	39	3,5
К3	651	18,8	652	35	1,0	1	0,37	0,52	0,37	0,32	1290	0,175

РОЗДІЛ 4

КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ

4.1. Сучасні конструкції комплектних конденсаторних установок

Протягом останніх років із збільшенням виробництва силових конденсаторів суттєво покращувалися їх характеристики. Так, наприклад значно зменшились розміри конденсаторів в зв'язку з застосуванням конденсаторного паперу високої якості і заміни ізоляційної речовини – мінерального масла на синтетичний рідкий діелектрик. Одночасно зросла одинична потужність силових конденсаторів.

При встановленні більш потужних конденсаторів в батареї, досягається суттєва економія витрат за рахунок зниження витрат на допоміжне обладнання, будівельні конструкції тощо.

Зараз почали випускати конденсатори удосконаленої конструкції. Корпус конденсаторів виготовляється із алюмінію, що дає зменшення ваги конденсатора та покращення тепловіддачі; створені нові рідкі діелектрики, що мають покращенні властивості.

У США для компенсації реактивної потужності в повітряних лініях часто застосовують конденсаторні батареї невеликої потужності, які розташовують на опорах подібно до опорних трансформаторних підстанцій. Для такої установки не потрібно спеціальної площадки. Конденсатори розміщують в верхній частині опори на металевих кронштейнах і проводами приєднують до ліній електропередачі. Ці установки приєднуються безпосередньо до проводів ліній електропередач без захисної чи комутуючої апаратури, оскільки захист здійснюється відповідною апаратурою, що призначена для захисту цієї лінії.

Сучасні комплектні конденсаторні установки випускаються з мікропроцесорними регуляторами потужності, які забезпечують багатоступінчасте регулювання.

Основні технічні характеристики сучасних комплектних конденсаторних установок наведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Порівняльна характеристика комплектних конденсаторних установок

Тип конденсаторної установки	Тип регулятора	Кількість ступеней	Тип конденсаторів	Код набору	Можлива потужність КУ, квар
УКАР	РПКУ 06/12	3,4,5,6,9, 10,11,12	CSADR	1:1:1 1:2:2 1:2:3:3 1:2:4:8	10 ÷ 1150
QR	-	3,4,5,6, 9,12	-	1:1:1:11 1:2...2 1:2:2...2 1:2:4...4	10 ÷ 1200
УК XX 0,38 XX УЗ	-	4,5,6,7,8, 9, 10,11,12	МКР	1:1:1...1 1:2:2...2 1:2:4...4	25 ÷ 600
УКА - 0,4	РРП-12	-	МКР	-	25 ÷ 300
БК-Т-95 I/II/III/IV	МРМ-12	6,12,15	КНК506 КНК604	-	155 ÷ 750

Установки конденсаторні автоматично регульовані (УКАР) призначені для підвищення коефіцієнта потужності електроустановок промислових підприємств, розподільних мереж і непромислових енергоємних об'єктів.

Шафа установки одностороннього обслуговування. Установка складається з однієї комірки (УКАР потужністю до 400 кВАр) чи декількох, з'єднаних збірними шинами і механічно. З'єднання конденсаторів з шинами виконується гнучкими перемичками. Конструкцією комірки передбачено кабельний чи шинний ввід зверху чи знизу, болт для під'єднання переносного заземлення.

Установка УКАР дозволяє роботу при:

- підвищенні діючого значення напруги до $1,1U_{н}$;
- підвищенні діючого значення струму до $1,3I_{н}$, як внаслідок підвищення напруги, так і за рахунок впливу вищих гармонічних складових

струму чи того і іншого одночасно;

З урахування граничного відхилення ємності (+10%) найбільш допустимий струм може бути до $1.43 I_n$ установки. Опір ізоляції струмоведучих кіл установки не менше 1 МОм.

Електричні конденсатори, що застосовуються в установці, відповідають стандартам МЭК (IEC) – 831 – 1/95, 2/95, EN60831 – 1.2/93, мають вбудовані розрядні резистори і працюють при природньому охолодженні.

Комутація та захист кіл управління здійснюється автоматичними вимикачами.

Відним комутаційним апаратом в установках номінальною потужністю до 300 кВАр є вмикач – запобіжник чи автоматичний вмикач. В установках номінальною потужністю більше 180 кВАр кожний ступінь регулювання захищений запобіжником роз'єднувачем, а на ввіді установки – окремим комутаційним апаратом. В установці UKAP застосовується мікропроцесорний регулятор потужності конденсаторної установки типу РПКУ06/12 (виробництво України) чи регулятори коефіцієнта потужності типу ВК 06/12, РС9М, DCRE5/7/12 (відповідно виробництва Польщі, Чехії та Італії).

Автоматичні конденсаторні установки типу QR випускає чеський завод ZEZ SIKKO. Установки випускаються у шкафах з листової сталі, із ступенем захисту IP 30, IP 40, IP43, з вентиляційними решітками, виконання: на підлогу і на стіну. Кожна конденсаторна установка має триполюсний вмикач чи запобіжник – роз'єднувач. Установка вміщує сухі самогенеруючі високо-технологічні конденсатори з низькими втратами, контактори з резистивним увімкненням спеціально призначені для комутації ємнісних навантажень (без надструмів при комутаціях, що важливо для мереж з мікропроцесорними та комп'ютерними споживачами), надійний та багатofункціональний автоматичний регулятор 6- або 12- ступеневий з можливою настройкою необхідного коефіцієнта потужності. Установки мають модульну конструкцію, зручні та прості в обслуговуванні, екологічно чисті. Установки мають захист від перевантаження вищими гармоніками. Можливе виготовлення нестандартних типоніменалів

Конденсаторні установки типу УК випускає українська фірма “Вінницяпромелектро”. Шкафи установок виготовляються трьох типорозмірів. Конструкція установки має модульний принцип, що дозволяє зручно проводити монтаж, обслуговування та експлуатацію, а також виконувати збільшення потужності установки. Установки оснащуються обладнанням ведучих вітчизняних та закордонних виробників. В автоматичному режимі проводиться регулювання потужності установки в функції поточного значення коефіцієнта потужності. Установки обладнані пристроями захисту від коливань напруги живильної мережі, струмового перевантаження, появи струмів вищих гармонік (можливі комбінації перерахованих захистів). Установки захищені від перегріву.

Конденсаторні установки типу УКА-0,4 випускає українська фірма “Хагенук – електро”, вони виготовляються у шкафах з листової сталі з вентиляційними решітками у виконаннях: на підлозі чи на стіні. Кожна установка має триполюсний ввідний рубильник, індивідуальний захист плавкими запобіжниками кожного елемента триполюсної секції конденсаторів. Конденсаторні установки мають регулятор реактивної потужності типу РРП-12 з цифровою обробкою інформації і розширеними функціональними можливостями. В установках використовуються силові конденсатори виробництва німецької фірми Elektronik GmbH. Вони виготовлені в алюмінієвому корпусі з необоротним запобіжником – переривачем від внутрішнього надлишкового тиску, самовідновлювані і безпечні для навколишнього середовища, трифазні, схема включення трикутником. Потужність установки від 25 до 300 кВАр. Змонтовані в одному модулі. При необхідності збільшення потужності додається модуль за схемою “ведучий - відомий”, до величини, до величини необхідної споживачу.

Конденсаторні установки типу ВК-Т-95/І/ІІ/ІІІ/ІV випускає фірма Twelve Elektrik. Конденсаторні установки виготовлені у вигляді шафи (чи комплекта шаф), пристосованих до монтажу всередині закритого приміщення, а також для монтажу на відкритому повітрі. Для компактного універсального корпусу потрібно мало місця, що дозволяє збільшити кількість установок. Головним елементом кожної установки є регулятор реактивної потужності МРМ – 12. Фірма використовує

екологічно безпечні конденсатори, які характеризуються, самогенерацією та вибухонебезпечністю. Додатково усі конденсаторні установки цієї фірми обладнанні захистом від перенапруг та запобіжниками, а установки IV габариту додатково автоматичною системою вентиляції.

4.2. Автоматичне регулювання потужності комплектних конденсаторних установок

Регулювання потужності конденсаторних установок може виконуватись вручну експлуатаційним персоналом, дистанційно та автоматично. Правильно діюча система компенсації реактивної потужності дозволяє підтримувати заданий $\cos \phi$ стабільно і постійно. Ручне підключення конденсаторів для підтримання середньомісячної величини $\cos \phi$ на рівні, вказаному в договорі, з технічної точки зору неприпустиме. Такі заходи приносять споживачу миттєвий економічний ефект, в той час, як функціонування енергетичного комплексу в цілому знаходиться під загрозою великих втрати та збільшення кількості аварій.

Автоматичне керування може бути одноступінчастим, коли вся конденсаторна установка вмикається або вимикається автоматично, або багаступінчастим, коли автоматично вмикаються або вимикаються окремі конденсаторні установки чи їх секції, обладнанні своїми перемикачами.

Автоматичне регулювання потужності конденсаторних установок може здійснюватися:

- за часом доби – коли важливо лімітувати віддачу промисловим підприємством з усталеною технологією виробництва реактивної потужності в мережу протягом доби за визначеним графіком;

- за напругою, якщо необхідно зменшити відхилення рівня напруги в електричній мережі промислового підприємства від оптимального значення;

- за струмом навантаження, якщо навантаження змінюється протягом робочого дня і супроводжується відповідною зміною реактивної потужності;

- за напрямом реактивної потужності, якщо більш важливим є обмеження віддачі промисловим підприємством реактивної потужності в мережу енергетичної системи;

- за коефіцієнтом потужності, якщо його зміни пропорційні відповідним змінам реактивної потужності;

- комбіновано, коли необхідно об'єднати декілька видів регулювання, наприклад: залежно від часу доби з коригуванням за напругою чи за часом доби, напругою й напрямом реактивної потужності тощо.

Автоматичне регулювання може практично забезпечити виконання більшості вимог енергопостачальної організації і дати реальну змогу використовувати комплектні конденсаторні установки для підвищення коефіцієнта потужності та регулювання напруги.

При регулюванні за часом доби і заданою програмою, узгодженою з врахуванням технології виробництва, можна отримати максимальний ефект регулювання реактивної потужності при мінімальній кількості перемикачів конденсаторної установки.

При регулюванні за іншими параметрами (струм, напруга, реактивна потужність) кількість перемикачів конденсаторної установки буде значно більшою, оскільки зміни цих параметрів протягом доби, якщо подивитись

на дійсні графіки навантаження ряду підприємств, виникають майже щохвилинно.

Сучасні регулятори потужності конденсаторних установок здатні виконувати наступні функції:

- контроль та завдання коефіцієнта потужності $\cos\phi$;
- режим роботи регулятора – ручний чи автоматичний;
- перегляд величини сили струму;
- перегляд величини поточного значення напруги;
- задання витримки часу на вмикання/вимикання ступені 5...300сек;
- перегляд значення величини поточної частоти мережі;
- вибір коду роботи регулятора;
- довготривала пам'ять;

- перегляд значення реактивної чи активної потужності;
 миттєве вимірювання реактивної потужності та підрахунок необхідної
 потужності в чотирьох квадрантному режимі роботи;

- відключення під час пропадання напруги та програмований
 контакт сигналізації аварії;

- вимірювання власного коефіцієнта гармонічного спотворення 3 –
 13 гармоніки;

- захист секретом від необгрунтованого програмування;

- вимірювання температури та автоматичне вмикання вентилятора й

вимикання конденсатора при перевищенні заданої температури;

- контроль та установка зони нечутливості,
 блокування повторного вмикання при спрацюванні захисту

4.3. Складові установок компенсації реактивної потужності

Складовими установок компенсації реактивної потужності є:

- конденсаторні батареї;

- контактори з обмежувачами розрядними резисторами;

- фільтрові реактори;

- мікропроцесорні регулятори реактивної потужності конденсаторних
 установок;

- елементи захисту від аномальних режимів.

Головним елементом комплектних конденсаторних установок є регулятор
 реактивної потужності. Від правильності та надійності його роботи буде залежати,
 чи виконує конденсаторна установка, яка є досить дорогим обладнанням, свої
 функції. Ефективність компенсації на 70% залежить від функціонального та

технічного рівня регулятора [4]. Останні 30% припадають на конструкцію
 установки та надійність елементів, що використовуються. Регулятор повинен
 надійно працювати в реальних умовах та мати тривалий строк використання.

Додатково регулятор повинен бути універсальним у застосуванні, тобто працювати при різних напругах живлення, різноманітних конфігураціях конденсаторних установок (кількість ступіней, потужність першого рівня і т.д.) та різноманітних температурних умовах. Для якісного регулювання необхідно виміряти а потім порівняти із заданими користувачем установками в регуляторі. Всі відомі регулятори вимірюють в так названому спрощеному режимі Аарона, тобто вимірюють струм у одній фазі і напругу в інших двох.

Технічний прогрес у мікропроцесорній техніці відкрив необмежені можливості в технології створення функціонально розширеного обладнання.

Одним з таких пристроїв, в якому використані новітні технології, являється регулятор реактивної потужності. Використання мікропроцесора для спостереження та керування усіма процесами, які відбуваються у мережі, обробки даних, керування та візуалізація робить сучасні регулятори реактивної потужності дуже ефективними.

Мікропроцесорний регулятор складається з наступних функціональних блоків:

- блок визначення коефіцієнта фазового зсуву об'єкта який компенсується;

- аналогового блока, який управляється датчиком індуктивного струму;
- цифрового блока

На вхід регулятора подаються наступні сигнали.

- сигнал вимірюваної напруги;
- сигнал вимірюваного струму компенсованого обладнання разом з компенсатором;
- сигнали, які задають величину похибки компенсації

Блок визначення коефіцієнта потужності складає частину аналогової систем, побудованої з використанням операційних підсилювачів і компараторів. Цифровий блок виготовляється на базі мікропроцесора.

Мікропроцесорні регулятори дозволяють працювати в ручному та автоматичному режимі керування. При цьому на передній панелі вивітлюється

світлодіодами кількість увімкнених ступеней. Програмуванням можна визначити порядок вмикання і кількість вмикання конденсаторів протягом всього часу функціонування установки. При цьому налагодження може бути виконе за типовим графікам навантаження або за бажанням замовника. Алгоритм роботи регулятора передбачає поступове наближення до оптимальної величини споживання реактивної потужності і чергування конденсаторних елементів з метою їх рівномірного зношування. Час реакції і алгоритм роботи регулятора підбираються в залежності від динаміки зміни і від величини реактивної електроенергії, яку треба скомпенсувати.

Регулятори повинні мати гарну систему комунікації з обслуговуючим персоналом. Інформація, що передається повинна бути зрозумілою та однозначною. Неперервний показ величини коефіцієнта потужності дозволяє персоналу перевіряти правильність роботи регулятора, правильність вибору режиму роботи та алгоритму підключення конденсаторів.

Мікропроцесорні регулятори дозволяють проводити оцінку величини струмів на основі середньозважених значень, навіть при спотвореннях форми кривої струмів чи при високому вмісту гармонік.

В сучасних конструкціях конденсаторних установках застосовують контактори з обмежувальними резисторами, які призначені для комутації трифазних конденсаторів. Схема вмикання контакторами з допоміжними контактами конденсаторних батарей показана на рис. 4.1

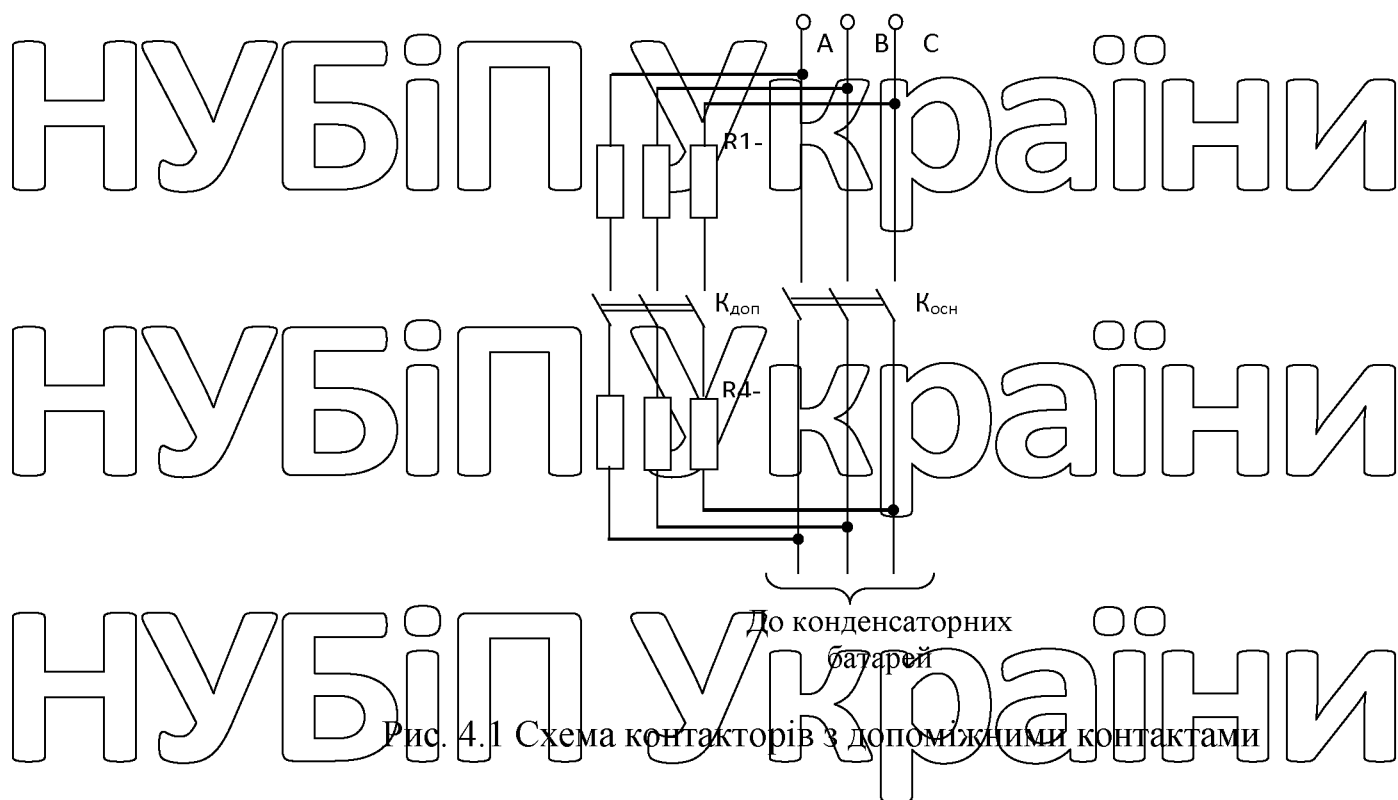


Рис. 4.1 Схема контакторів з допоміжними контактами

Процеси, що виникають при вмиканні конденсаторів мають деякі особливості, порівняно з процесами, при вмиканні іншого електрообладнання. При вмиканні конденсаторів напруга на їх затискачах залишається практично постійною завдяки наявності в конденсаторі електричного заряду. При розряді конденсатора, навіть із розрядними опорами, потрібно більше часу, ніж для переміщення контактів з одного крайнього положення в інше. Щоб запобігти розпалюванню дуги. Замикання й розмикання контактів повинне проходити якомога швидше. Сучасні контактори забезпечують швидкий розряд конденсаторів і миттєве відключення конденсаторів від мережі при знятті живлення з катушок контакторів.

В комплектних конденсаторних установках, що експлуатуються в Україні, застосовуються контактори таких марок: КТУ, КТ, ПМЛ – вітчизняні, К-2, виробництва Австрії, 11BF, італійські та IDX і DL, виробництва Польщі.

Зараз ведучими в цій області фірмами розроблені конденсаторні установки з тиристорними вимикачами (рис. 4.2) Конденсаторні установки з тиристорними вимикачами дозволяють швидко коректувати коефіцієнт потужності та підтримувати рівень напруги в розподільчих системах. Використання тиристорів

замість контакторів забезпечує більш швидке включення та дозволяє скоротити обсяг робіт по обслуговуванню та заміні контакторів.

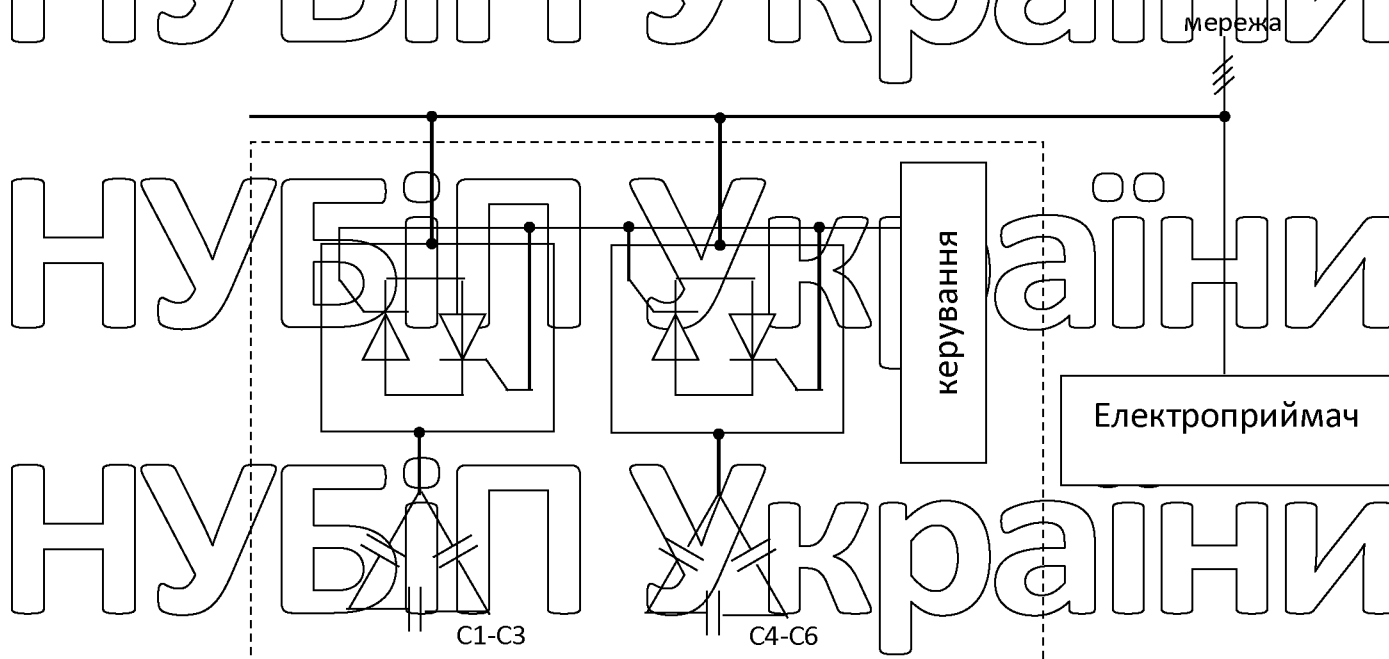


Рис. 4.2 Схеми конденсаторної установки з тиристорними вимикачами

Застосування тиристорних вимикачів має ряд переваг над електромагнітними контакторами:

- значна швидкість (одиниці мілісекунд);
- на порядок менший пусковий струм (комутація відбувається при проходженні напруги живлення через нуль);
- можливість контролювати рівень струму (захищають від протікання надмірних струмів).

На жаль українські виробники конденсаторних установок досі не пропонують цього споживачам.

Для відстроювання конденсаторів від резонансних режимів, окремі підприємства – виробники застосовують фільтрові реактори.

Найбільшому переваженню конденсаторні батареї підлягають при виникненні резонансних струмів на частоті нижчих гармонік (3-4 порядку). Щоб не виникали резонансні явища, у схемах конденсаторних установок необхідно

змінювати частоту власних коливань контурів. Для захисту конденсаторної установки від вищих гармонік, послідовно з нею вмикають реактор (рис 2.3). Увімкнення реактора в коло усієї батареї призводить до збільшення втрат потужності в установках і підвищенню напруги на конденсаторах. Тому на потужних конденсаторних установках реактори вмикаються послідовно лише з декількома конденсаторами.

Реактори для конденсаторів напругою 6,4 кВ та розрахованих на частоту 50 Гц, в залежності від наявності вищих гармонік, можуть бути настроєні на частоту:

– 210 Гц при 5,67% фільтрації;

– 189 Гц при 7% фільтрації;

– 134 Гц при 14% фільтрації.

Вони дозволяють надійно працювати в умовах наявності вищих гармонійних складових у мережі електропостачання.

Реактори вмикаються за наступними схемами:

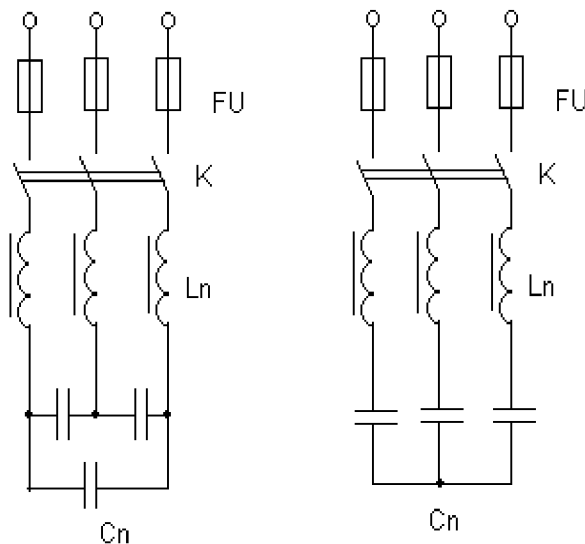


Рис. 4.3 Схеми вмикання реакторів

Сучасні реактори характерні високою лінійністю, низькими втратами і дуже малим шумом. Процес охолодження покращено завдяки спеціальній конструкції. Вони мають повітряно – охолоджувальний канал і збільшену площу поверхні, яка

контактує з повітрям. В середній частині повітропроводу розташований температурний сигналізатор, який спрацьовує при температурі $+120^{\circ}\text{C}$. Реактори вибирають у залежності від потужності конденсаторів.

У сучасних конденсаторах замість діелектричного паперу використовується поліпропіленова плівка. Такі конденсатори називаються сухими. Ємнісні елементи

конденсаторів зашиті в міцній компактній масі органічного (рослинного) походження, яка є нетоксичною та екологічно нешкідливою. З'явилися навіть конденсатори в яких виключено використання рідких діелектриків. Фірма

“Electronicon Kondensatoren GmbH” розпочала випуск конденсаторів, в яких

використовується екологічно чистий газ. Нова технологія гарантує таку ж високу якість та випробовану безпеку та надійність роботи, що й конденсатори з наповнювачем з синтетичної смоли. При цьому здобуваються наступні переваги:

- безпека для навколишнього середовища. Газ повністю нейтральний. При

знищенні старих конденсаторів не виникає проблеми витоку шкідливих речовин та газів.

- зручний монтаж при високому ступені захисту;

- герметичність та надійність;

- значне зменшення ваги. Використовуючи в якості наповнювача інертний газ, вага конденсаторів зменшується на 15-20%. Це додає надійності при будь-якому положенні монтажу конденсатора

Корпус конденсатора може бути захищений від розриву надлишковим роз'єднувачем, який забезпечує безпечне відключення конденсатора від кола при

короткому замиканні і при закінченні строку служби. Також конденсатори можуть бути обладнані необоротними запобіжниками – переривачами від внутрішнього та надлишкового тиску. Конденсатори оснащені трьома розрядними резисторами,

які з'єднані в трикутник. Потужність таких конденсаторів знаходиться в межах 1 –

100 кВАр. Потужність розсіювання до 0,5 Вт/кВАр.

Компенсуючі та фільтруючі конденсатори високої напруги призначені для компенсації реактивної потужності і для фільтрації вищих гармонік. Діелектриком являється пропіленова плівка, просочена синтетичною рідиною, нешкідливою для

здоров'я та екології. Електродами виступає алюмінієва фольга. Кожен моток захищений внутрішнім запобіжником. Мають вмонтовані внутрішні розрядні резистори. У таких конденсаторів дуже низькі втрати потужності – до 0,15 Вт/кВАр.

4.4. Математичний опис процесу компенсації реактивної енергії

Математичну модель для теоретичного дослідження процесу компенсування реактивної потужності можна побудувати наступним чином.

Представимо будь-яку виробничу установку однофазною розрахунковою схемою (рис. 4.4), що складається з лінії електропередачі та паралельно сполучених активного опору R , індуктивності L і ємності C , які підключенні до джерела синусоїдальної напруги

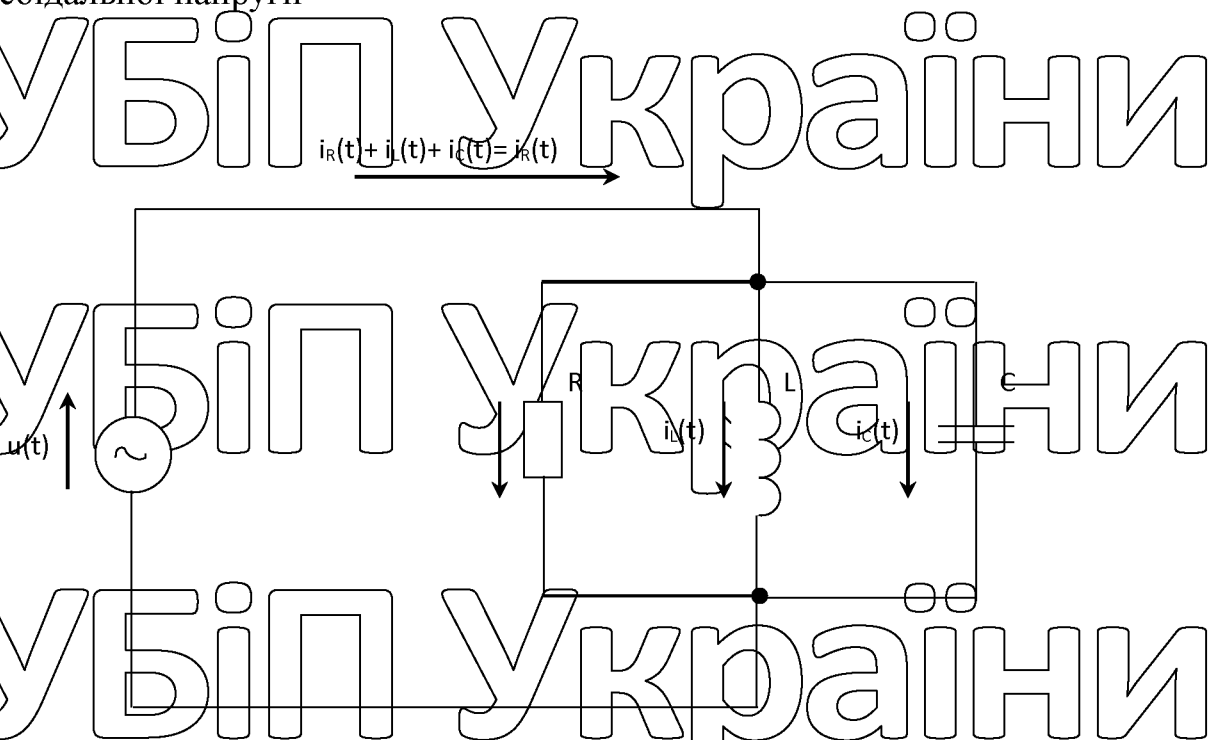


Рис. 4.4. Розрахункова схема для дослідження компенсації реактивної енергії

Напряга джерела живлення описується рівнянням

$$u(t) = U_m \cdot \sin \omega t \quad (4.1)$$

де t – відмітка часу;

ω – кругова частота;

U_m – амплітудне значення напруги.

Під впливом напруги (3.1) у вітках схеми виникають синусоїдальні струми (рис. 4.5).

У вітці активного опору спостерігається активний струм:

$$i_R(t) = \frac{U_m}{R} \cdot \sin \omega t \quad (4.2)$$

У вітці індуктивності – реактивний струм, який відстає від напруги (1) на

чверть періоду основної частоти

$$i_L(t) = \frac{U_m}{\omega L} \cdot \sin(\omega t - \frac{\pi}{2}) \quad (4.3)$$

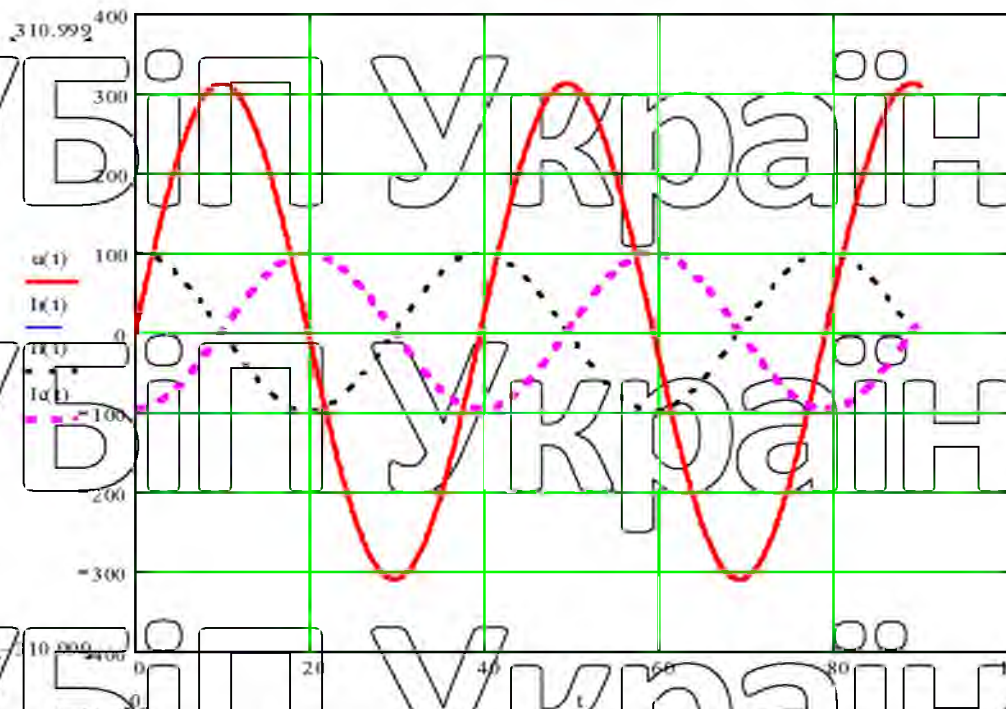


Рис. 4.5. Миттєві значення струмів у вітках R-L-C

У вітці ємності – реактивний струм, який випереджує напругу (4.1) також на чверть періоду основної частоти:

$$i_C(t) = U_m \cdot \omega C \cdot \sin(\omega t + \pi/2), \quad (4.4)$$

Значення L і C співвідносяться так, що $i_C(t) = -i_L(t)$. Спостерігається резонанс струмів.

Миттєві потужності, з якими електрична енергія надходить у кожний момент часу від джерела напруги у кожну вітку схеми (рис. 3.3), дорівнюють добуткам миттєвих значень напруги (3.1) на миттєві значення відповідних струмів (3.2), (3.3)

та (3.4). Враховуючи відомі тригонометричні співвідношення періодичних функцій, знаходимо, що процес надходження енергії описується наступними математичними рівняннями:

- у вітці R має активну потужність:

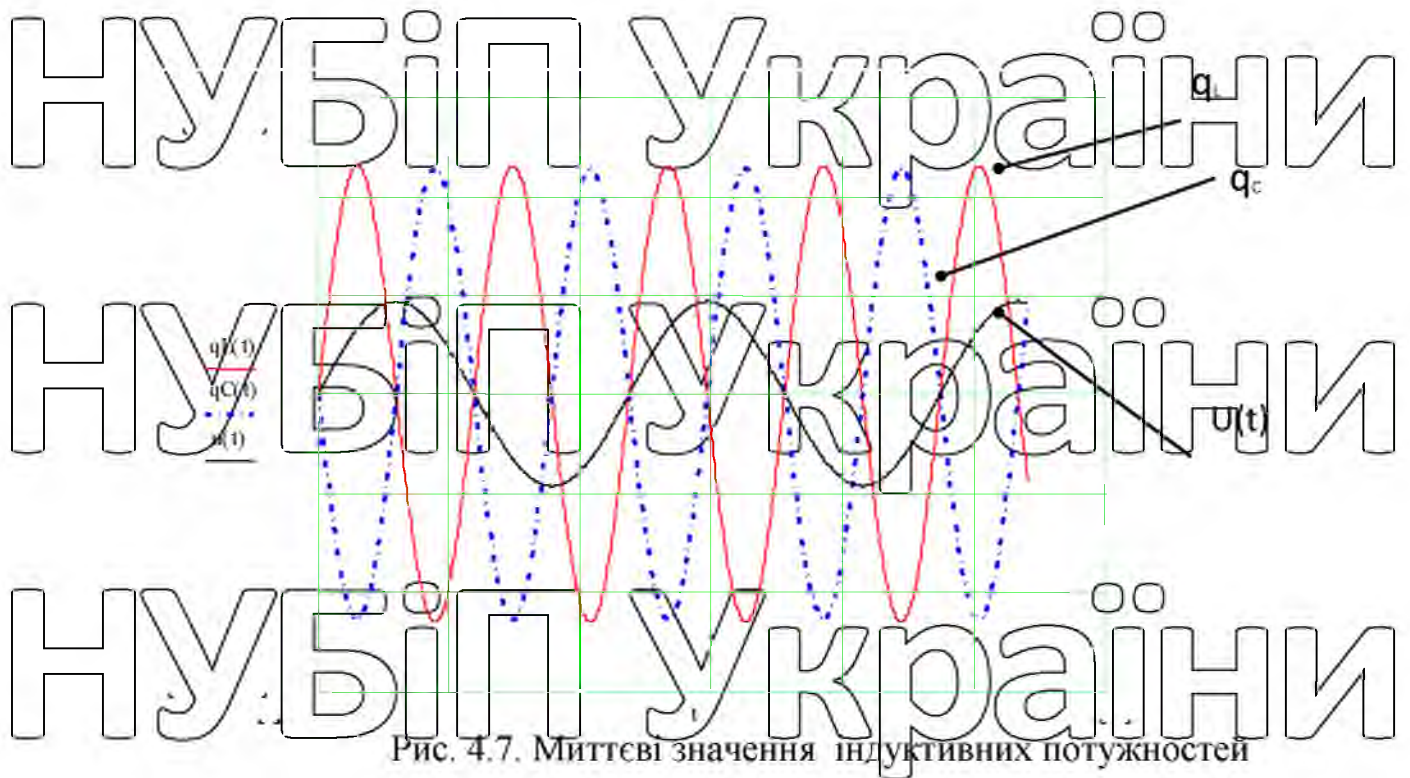
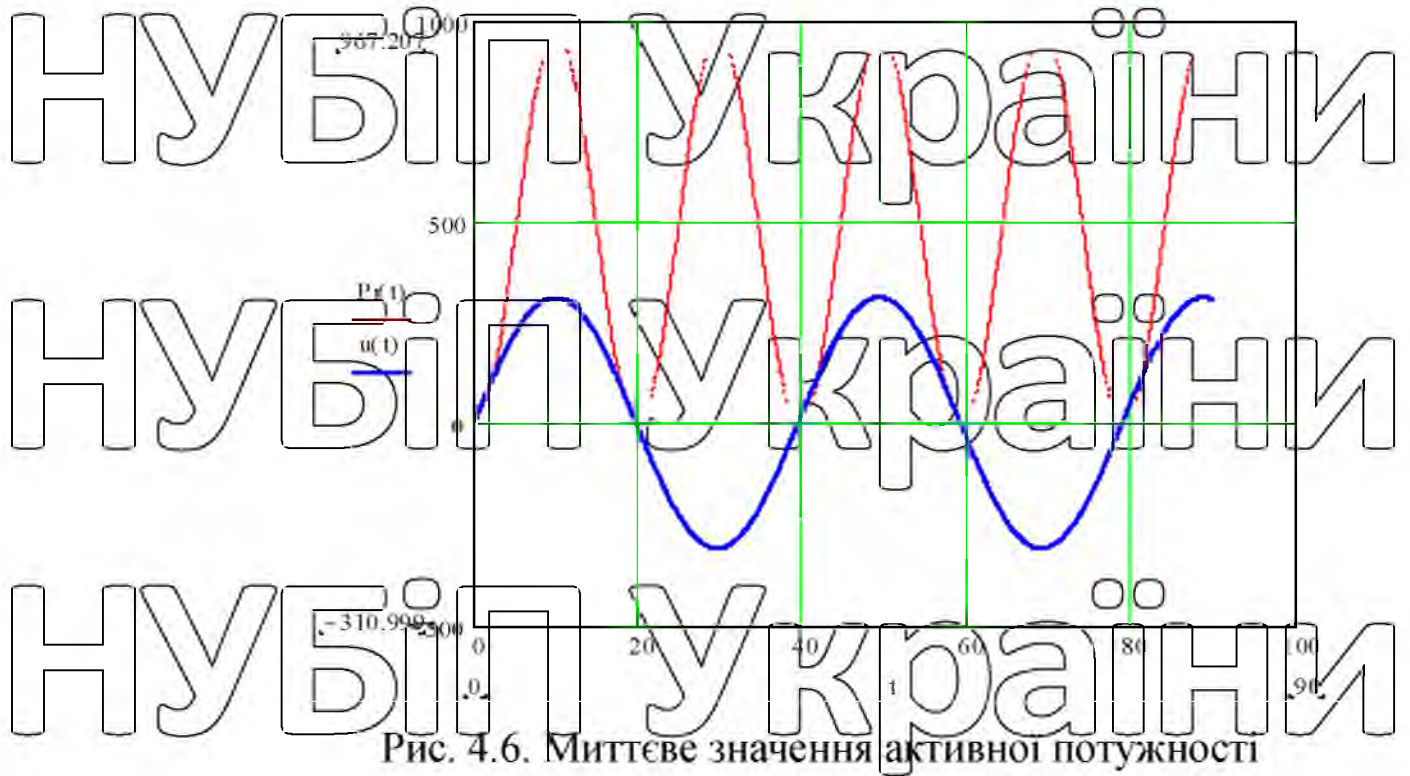
$$p_R(t) = \frac{U_m^2}{R} \cdot \sin^2 \omega t = \frac{1}{2} \cdot \frac{U_m^2}{R} \cdot (1 - \cos 2\omega t), \quad (4.5)$$

- у вітці L – реактивну потужність індуктивного типу:

$$q_L(t) = \frac{U_m^2}{\omega L} \cdot \sin \omega t \cdot \sin(\omega t - \pi/2) = -\frac{1}{2} \cdot \frac{U_m^2}{\omega L} \cdot \sin 2\omega t, \quad (4.6)$$

- у вітці C – реактивну потужність ємнісного типу:

$$q_C(t) = U_m^2 \cdot \omega C \cdot \sin \omega t \cdot \sin(\omega t + \pi/2) = \frac{1}{2} \cdot U_m^2 \cdot \omega C \cdot \sin 2\omega t, \quad (4.7)$$



Видно, що всі три електричні потужності змінюються з часом з подвійною частотою. Принципова різниця між активною та двома реактивними потужностями

полягає в тому, що величини $q_L(t)$ та $q_C(t)$ коливаються навколо нуля, а величина $p_R(t)$ — навколо свого середнього значення.

Обсяги електричної енергії, що надходять у кожну вітку розрахункової схеми протягом часового інтервалу від 0 до τ , дорівнюють узятим на цьому інтервалі інтегралам потужностей. Виконавши операції інтегрування, отримаємо наступні вирази:

У вітку R надходить активна електроенергія:

$$w_R(0 \div \pi) = \frac{1}{2} \cdot \frac{\tau U_m^2}{R} - \frac{1}{4} \cdot \frac{U_m^2}{\omega R} \cdot \sin 2\omega\tau \quad (4.8)$$

У вітку L — реактивна електроенергія індуктивного типу:

$$w_L(0 \div \pi) = -\frac{1}{4} \cdot \frac{U_m^2}{\omega^2 L} + \frac{1}{4} \cdot \frac{U_m^2}{\omega^2 L} \cdot \cos 2\omega\tau, \quad (4.9)$$

У вітку C — реактивна електроенергія ємнісного типу:

$$w_C(0 \div \pi) = \frac{1}{4} \cdot U_m^2 \cdot C - \frac{1}{4} \cdot U_m^2 \cdot C \cdot \cos 2\omega\tau, \quad (4.10)$$

Видно що всі три потоки електричної енергії змінюються у часі з подвійною частотою. При цьому принципова відмінність активної електроенергії від двох типів реактивної електроенергії полягає у тому, що в активному потоці коливна складова додається до лінійної, яка накопичується у часі τ , а реактивних потоках обох типів коливні складові додаються лише до початкових констант, наявність яких забезпечує нульові значення енергії в момент $t=0$. реактивні потоки індуктивного та ємнісного типів відрізняються знаками коливних складових та початкових констант.

Активна електроенергія на кожному періоді основної частоти переноситься від джерела напруги до виробничої установки двома пульсаціями в одному напрямку дії. Далі вона перетворюється у механічну, теплову (світлову) або хімічну електроенергію та виконує певну корисну роботу.

На кожному періоді основної частоти реактивна енергія переноситься у електричному колі чотирма пульсаціями електричної потужності з чергуванням прямого та протилежного напрямків дії. Протягом чверті періоду вона посилює магнітне поле в індуктивності L , але далі не перетворюється ні в механічну, теплову (світлову) або хімічну електроенергію, а протягом наступної чверті періоду повертається до джерела напруги.

Енергія W_L у момент, коли вона досягає амплітудного значення, виявляється рівною:

$$w_L(0 \div \pi/2\omega) = \frac{1}{2} \cdot \frac{U_m^2}{\omega^2 L}, \quad (4.11)$$

Враховуючи, що $U_m/\omega L = I_m \cdot L$, де $I_m \cdot L$ — амплітудне значення струму в індуктивності L , отримуємо

$$w_L(0 \div \pi/2\omega) = -\frac{1}{2} \cdot L \cdot I_m^2, \quad (4.12)$$

Якщо не враховувати знак, то цей вираз відповідає відомій формулі енергії магнітного поля. Аналогічно початкова константа реактивної енергії ємнісного типу у формулі (4.10) являє собою середню енергію електричного поля, яке утворюється і зникає в ємності C . На кожному періоді основної частоти реактивна енергія переноситься у електричному полі чотирма пульсаціями електричної потужності з чергуванням прямого і протилежного напрямків дії. Протягом чверті періоду вона посилює електричне поле в ємності C , але далі не перетворюється ні в механічну, теплову (світлову) або хімічну електроенергію, а протягом наступної чверті періоду повертається до джерела напруги. Енергія W_C у момент досягнення амплітудного значення напруги виявляється рівною

$$w_C(0 \div \pi/2\omega) = \frac{1}{2} \cdot U_m^2 \cdot C \quad (4.13)$$

Протилежні знаки періодичних функцій (3.9) і (3.10) показують, що у кожен момент t в лінії електропередачі відбувається часткова взаємна компенсація

індуктивного та емісного потоків реактивної енергії. Якщо $1/\omega L = \omega C$, то виникає повна взаємна компенсація індуктивного і емісного потоків (резонанс струмів), і результуючий реактивний потік в лінії електропередачі в усі моменти часу дорівнює нулю. Виробнича установка, у якій має місце повна взаємна компенсація реактивних енергій, називається електромагнітно збалансованою.

Пряма математична модель допомагає пояснити фізику процесу. Але так щоб пояснити дію лічильника реактивної енергії треба побудувати іншу математичну модель.

Замість прямого інтегрування періодичних функцій (4.5-4.7) спочатку звільнімося від їх коливального характеру і розглянемо лише середнє значення активної та амплітудні значення двох реактивних потужностей. Враховуючи те, що:

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \quad (4.14)$$

де U – діюче значення напруги.

отримаємо з виразів (4.5-4.7) широко відомі формули:

$$P_R = \frac{U^2}{R}, \quad (4.15)$$

$$Q_L = \frac{U^2}{\omega L}, \quad (4.16)$$

$$Q_C = U^2 \cdot \omega C, \quad (4.17)$$

Якщо проінтегрувати (4.15-4.17) протягом часового інтервалу від 0 до τ , то отримаємо для активної електроенергії результат, аналогічний лінійній складовій виразу 4.8

$$w_R(0 \div \tau) = \frac{\tau \cdot U^2}{R}, \quad (4.18)$$

Для реактивної електроенергії емнісного та індуктивного типу результат суттєво відрізняється від (4.9, 4.10), але виявляється саме таким, який треба для обґрунтування дії лічильників.

$$w_L(0 \div \tau) = \frac{\tau \cdot U^2}{\omega L},$$

$$w_C(0 \div \tau) = \tau \cdot U^2 \cdot \omega C \quad (4.19)$$

(4.20)

Області застосування прямої та альтернативної моделі залежить від поставленої мети. Реактивну енергію вимірюють у всьому світі з метою оцінки збитків, які вона приносить мережі. Якщо треба пояснити фізику процесу, то потрібна пряма модель, для пояснення дії лічильника реактивної енергії треба альтернативна модель.

4.5. Розрахунок струмів комутації конденсаторних батарей

Для вибору апаратів в колах приєднання конденсаторних батарей необхідно знати максимальну величину струму, що виникає в момент комутації. Відомо, що вмикання конденсаторних батарей на номінальну напругу супроводжується стрибком перехідного струму, який швидко затухає, тому максимальним являється його початкове значення безпосередньо після комутації (при $t=+0$). Цей режим повністю визначається двома законами комутації:

- струм в індуктивності та напруга на ємності не можуть змінюватися стрибком;
- напруга на індуктивності та струм через ємність можуть змінюватися стрибком.

При підключенні конденсаторної батареї до мережі чи до вже підключеної батареї початкова стадія перехідного процесу представляє собою заряд батареї від мережі чи від зарядженої батареї та мережі одночасно. З врахуванням активного опору схеми височастотна складова струму має місце саме в початковий момент, коли батарея, що підключається створює режим короткого замикання (напруга на

ній не може змінитися миттєво). Тому в перший момент після комутації струм дорівнює:

$$I = \frac{U}{Z_B} = \frac{U}{\sqrt{\frac{L}{C}}}, \quad (4.21)$$

де U – фазна напруга мережі, В

Z_B – повний опір мережі, Ом

L – загальна еквівалентна індуктивність мережі, Гн

C – загальна ємність мережі, Ф

Оскільки струм короткого замикання в мережі завжди в багато разів більше номінального струму конденсаторної батареї, струм вмикання може в десятки або навіть в сотні разів перевищувати номінальне значення струму (особливо при вмиканні конденсаторної батареї на раніш заряджену конденсаторну батарею).

Тому в деяких випадках доцільно обмежувати струм до деякої допустимої

величини шляхом встановлення в колі конденсаторних батарей струмообмежуючих опорів (як правило з вигляді реакторів з необхідною індуктивністю). Величина індуктивності для випадку вмикання конденсаторної батареї в мережу розраховується так:

$$L = L_c \left(\frac{I}{I_D} - 1 \right), \quad (4.22)$$

де L_c – індуктивність мережі живлення, Гн;

I – максимальний струм вмикання конденсаторної батареї, кА;

I_D – допустимий струм вмикання конденсаторної батареї, кА

Величина допустимого струму вмикання конденсаторної батареї визначається такими вимогами: струм не повинен бути більше величини, яка допускається за ГОСТом на конденсатори, які встановлюються; струм не повинен перевищувати величини, яка допускається комутуючим апаратом по вимикаючої здатності та по динамічній стійкості;

Із законів комутації випливає, що якщо в колі конденсаторної батареї встановлюється струмообмежуючий реактор з необхідною індуктивністю, то його

конструкція повинна бути розрахована на повну фазну напругу мережі, так як в момент вмикання конденсаторної батареї, рівносильно короткому замиканню в точці її присєднання, уся фазна напруга прикладається до реактора.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 5

ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ ВІД ВІПРОВАДЖЕННЯ КОМПЕНСАЦІЇ
РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ

5.1. Аналіз добових графіків споживання електроенергії

Фактичні величини розрахункового активного P_p , реактивного Q_p і повного S_p навантаження на шинах 0,4 кВ підстанції 10/0,4 кВ:

S_p навантаження на шинах 0,4 кВ підстанції 10/0,4 кВ:

$$P_p = 178,238 \text{ кВт,}$$

$$Q_p = 88,5 \text{ кВАр,}$$

$$S_p = 199 \text{ кВА.}$$

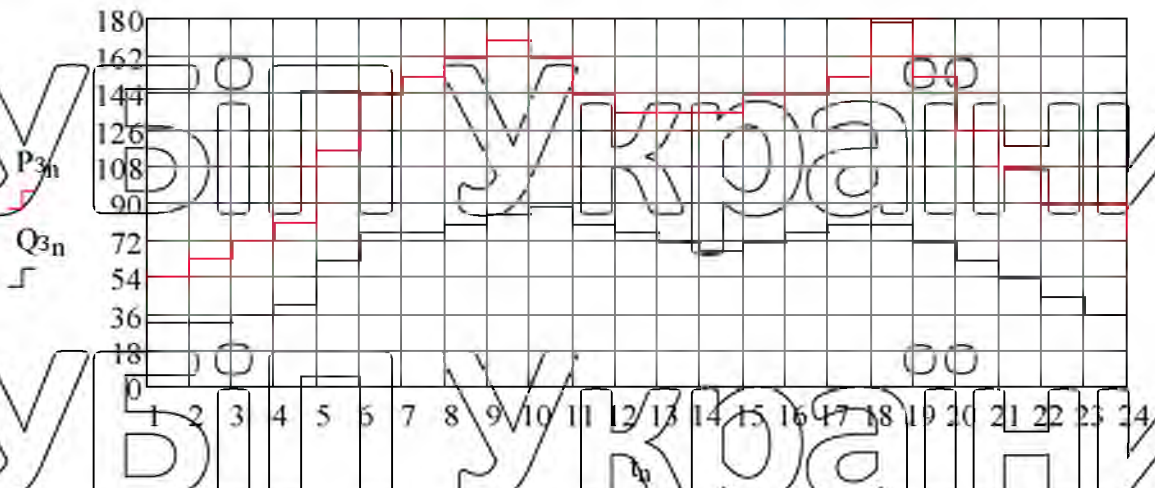


Рис. 5.1. Добові графіки активного P_3 та реактивного Q_3 навантаження

ТП-10/0,4 кВ для зимового періоду.

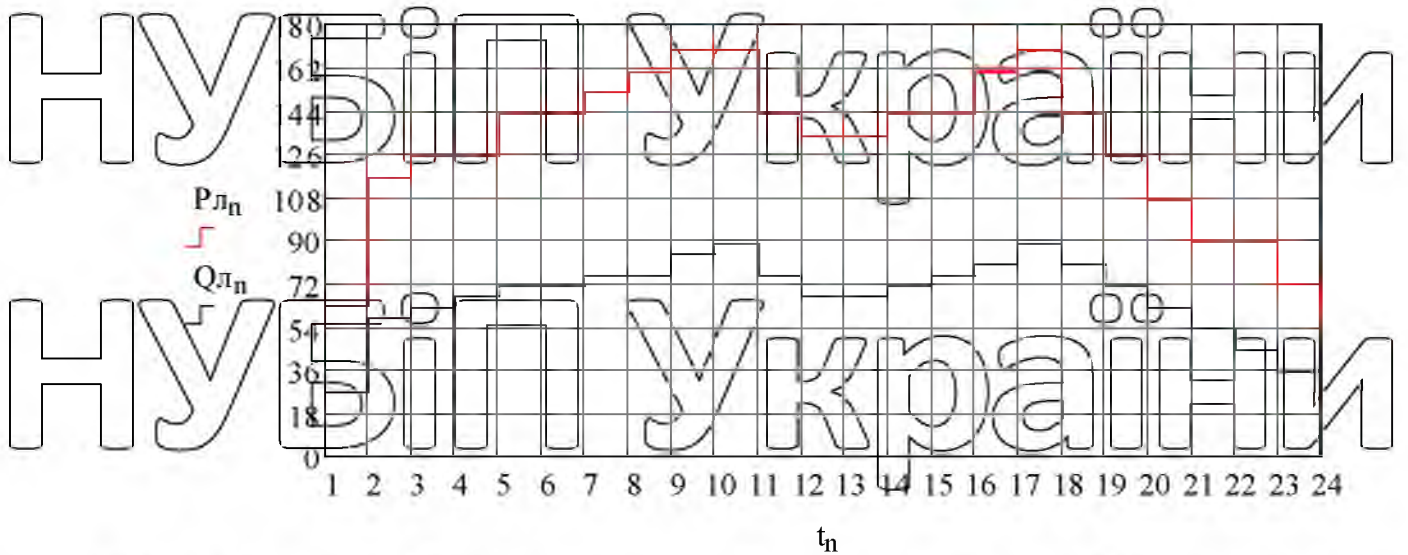


Рис. 5.2. Добові графіки активного $P_{лн}$ та реактивного $Q_{лн}$ навантаження ТП 10/0,4 кВ для літнього періоду.

Параметри силових трансформаторів підстанції ТМ-250:

номінальна потужність
 $S_{ном} := 250 \text{ кВА,}$
 номінальна напруга обмотки ВН
 $U_{10} := 10 \text{ кВ,}$

номінальна напруга обмотки нижчої напруги
 $U_{04} := 0.4 \text{ кВ,}$
 потужність короткого замикання
 $P_{кз} := 3.7 \text{ кВт,}$

напруга короткого замикання
 $U_{кз} := 4.5 \%$
 потужність холостого ходу
 $P_{хх} := 0.74 \text{ кВт,}$

струм холостого ходу
 $I_{хх} := 2.3 \%$

розрахунковий період (місяць)

НУБІП України

$$t_p := 120 \text{ год.}$$

Параметри розподільної мережі напругою 10 кВ:

- базова (еквівалентна) напруга мережі:

НУБІП України

$$U_{\text{баз}} := 10.5 \text{ кВ;}$$

- опір системи (згідно схеми заміщення мережі РП):

$$r_c := 2.9 \text{ Ом;}$$

- опір ПЛ напругою 10 кВ, довжиною 9,33 км, виконаної проводом АС-95:

НУБІП України

$$R_{\text{пл}} := r_{05} \cdot L \cdot 10.95$$

$$R_{\text{пл}} = 0.035 \text{ Ом;}$$

- опір силового трансформатора підстанції, приведений до напруги 10 кВ:

НУБІП України

$$R_{\text{т}} := \frac{P_{\text{кз}} \cdot U_{\text{баз}}^2 \cdot 10^3}{S_{\text{ном}}^2}$$

$$R_{\text{т}} = 6.527 \text{ Ом;}$$

- сумарний опір розподільної мережі 10 кВ, приведені до базової напруги U:

НУБІП України

$$R_{\text{сум}} := R_{\text{т}} + R_{\text{пл}} + r_c$$

$$R_{\text{сум}} = 9.46 \text{ Ом;}$$

- вартість 1 кВт·г електроенергії в мережі.

$$c_{\text{э}} := 1.20 \text{ грн/кВт год.}$$

НУБІП України

Кількість переданої щомісяця з шин РТП споживачам активної (WP) і реактивної (WQ) електроенергії:

$$WP := \frac{\left(\sum_n P_{zn} + \sum_n P_{jn} \right)}{2} \cdot 30$$

НУБІП України

$$WQ := \frac{\left(\sum_n Q_{zn} + \sum_n Q_{jn} \right)}{2} \cdot 30$$

НУБІП України

$$WP = 9.037 \times 10^4 \text{ кВт год.}$$

$$WQ = 4.593 \times 10^4 \text{ кВАр год.}$$

Середні значення активного (кВт) і реактивного (кВАр) навантаження підстанції

НУБІП України

$$P_{\text{ср}} := \frac{WP}{t_p}$$

$$Q_{\text{ср}} := \frac{WQ}{t_p}$$

$$Q_{\text{ср}} = 62.07 \text{ кВАр.}$$

НУБІП України

$$P_{\text{ср}} = 122.117 \text{ кВт.}$$

Фактичне середнє завантаження трансформатора, кВА:

$$S_{\text{ср}} := \sqrt{P_{\text{ср}}^2 + Q_{\text{ср}}^2}$$

$$S_{\text{ср}} = 136.986 \text{ кВА.}$$

НУБІП України

Середнє завантаження підстанції за розрахунковий період:

$$k_3 = 0.274$$

Середньодобові втрати електроенергії в силових трансформаторах W , котрі

визначаємо за формулою:

НУБІП України

$$\Delta W := \frac{\sum_n \left[\frac{(P_{3n} + P_{Ln})^2}{2} + \frac{(Q_{3n} + Q_{Ln})^2}{2} \right] \cdot R_T}{(U_{\text{баз}}^2 \cdot 10^3)}$$

НУБІП України

$$\Delta W = 30.09 \text{ кВт год.}$$

Втрати електроенергії W_p в силових трансформаторах РТП за рік становитимуть:

$$\Delta W_p := \Delta W \cdot 365$$

НУБІП України

$$\Delta W_p = 1.098 \times 10^4 \text{ кВт год.}$$

5.2. Розрахунок плати за перетоки реактивної потужності без КРП

1. Втрати активної і реактивної енергії в трансформаторі.

Складові втрат реактивної потужності:

- потужність холостого ходу:

$$\Delta Q_{xx} := S_{\text{НОМ}} \frac{I_{xx}}{100}$$

$$\Delta Q_{xx} = 5.75 \text{ кВАр.}$$

- потужність короткого замикання:

$$\Delta Q_{kz} := S_{\text{НОМ}} \frac{U_{kz}}{100}$$

$$\Delta Q_{kz} = 11.25 \text{ кВАр.}$$

Розрахункові середні активні і реактивні навантаження трансформатора:

$$P := \frac{WP}{t_p}$$

$$P = 122.117 \text{ кВт.}$$

$$Q := \frac{WQ}{t_p}$$

$$Q = 62.07 \text{ кВАр.}$$

Фактичне завантаження трансформатора

$$S_{\text{факт}} := \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$S = 136.986 \text{ кВА.}$$

Середнє завантаження за розрахунковий період:

$$k := \frac{S}{S_{\text{НОМ}}}$$

$$k = 0.548$$

Втрати реактивної енергії в трансформаторі протягом розрахункового періоду:

$$\Delta WQ := \Delta Q_{xx} t_p + k^2 \Delta Q_{kz} t_p$$

НУБІП України

$\Delta WQ = 6.755 \times 10^3$ кВАр год.

Втрати активної енергії в трансформаторі протягом розрахункового періоду.

$$\Delta WP := P_{XX} \cdot t_p + k^2 \cdot t_p \cdot P_{K3}$$

НУБІП України

$\Delta WP = 1.37 \times 10^3$ кВт год.

2. Кількість спожитої електроенергії в обсях трансформаторів з урахуванням втрат за розрахунковий період - місяць:

- активна енергія

НУБІП України

$$WP_{\text{сум}} := WP + \Delta WP$$

$$WP_{\text{сум}} = 9.174 \times 10^4 \text{ кВт год.}$$

- реактивна енергія

НУБІП України

$$WQ_{\text{сум}} := WQ + \Delta WQ$$

$$WQ_{\text{сум}} = 5.269 \times 10^4 \text{ кВАр год.}$$

3. Розрахунок основної плати за місяць:

Вихідні дані до розрахунку перетоків реактивної потужності.

НУБІП України

$t_p := 740$ - тривалість розрахункового періоду, год;

$\Gamma := 4.40$ - тариф на електроенергію, грн/кВт год.

$C_{\text{баз}} := 1.0$ - нормативне базове значення коефіцієнта стимулювання

капітальних вкладень в засоби КРП;

НУБІП України

$D := 0.028$ - економічний еквівалент реактивної потужності

$k := 3$ - нормативний коефіцієнт урахування збитків енергопостачальної організації від генерації реактивної енергії з мережі споживача.

Сумарна реактивна енергія, генерована в мережу енергопостачальної

НУБІП України

організації.

$$WQ_{\text{г}} := 0 \text{ кВАр*год.}$$

основна плата:

$\pi_1 := (WQ + 3 \cdot WQg) \cdot D \cdot T$
 $\pi_1 = 5658.76 \text{ грн/місяць.}$
 4. Розрахунок додаткової плати за місяць

$\text{tg}\phi := \frac{WQ}{WP}$ $\text{tg}\phi = 0.508$ - коефіцієнт потужності
 - коефіцієнт, що вибирається в залежності від $\text{tg}\phi$
 $K_\phi = 1.103$
 - додаткова плата

$\pi_2 := \pi_1 \cdot C_{\text{baz}} \cdot (K_\phi - 1)$
 $\pi_2 = 755.53 \text{ грн/місяць.}$
 5. Розрахунок плати за переатоки реактивної потужності протягом місяця.
 $\pi := \pi_1 + \pi_2$
 $\pi = 6414.31 \text{ грн/місяць.}$

5.3. Розрахунок плати за переатоки реактивної потужності з КРП

Максимальні реактивні потужності за добовими графіками в зимовий період
 $\max(Q_z) = 88.5 \text{ кВАр.}$
 в літній період
 $\max(Q_l) = 88.5 \text{ кВАр.}$

Параметри регульованої конденсаторної установки :
 номінальна напруга
 $U_{\text{ном}} := 10 \text{ кВ,}$
 - загальна потужність

$Q_{\text{ку}} := 80 \text{ кВАр,}$
 - потужність ступені регулювання
 $q_1 := 10 \text{ кВАр,}$

кількість дискретних ступенів
 $n_q := 8$ шт.
 орієнтовна вартість КУ

$$K_{ку} := 16500 \text{ грн.}$$

Визначення реактивної потужності КУ в залежності від графу навантаження:

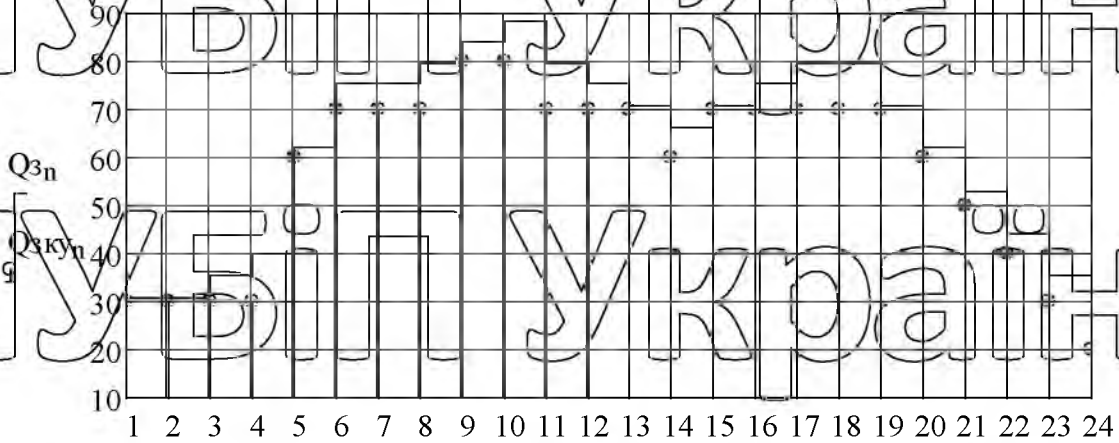


Рис. 5.3. Графіки реактивних навантажень і потужності КУ в зимовий період.

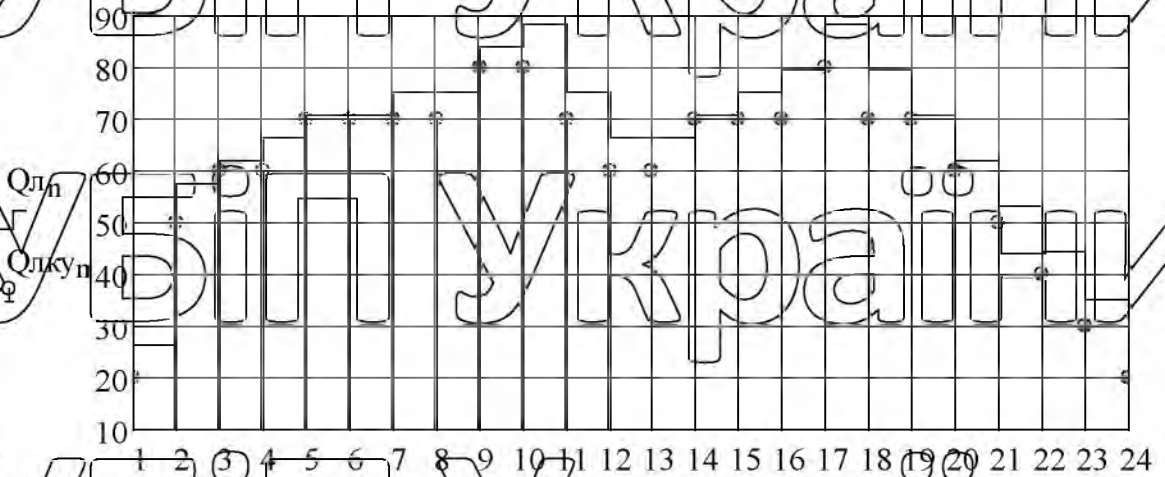


Рис. 5.4. Графіки реактивних навантажень і потужності КУ в літній період.

Втрати активної потужності в трансформаторі в зимовий та літній періоди, кВт

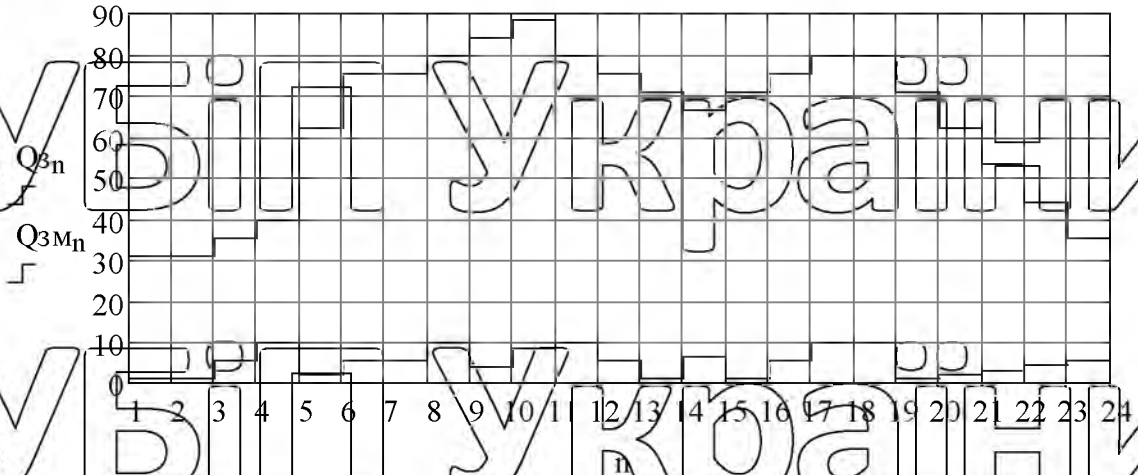
$$\Delta P_{зп} := P_{xx} + (k_{зп})^2 P_{кз}$$

$$\Delta P_{лп} := P_{xx} + (k_{лп})^2 P_{кз}$$

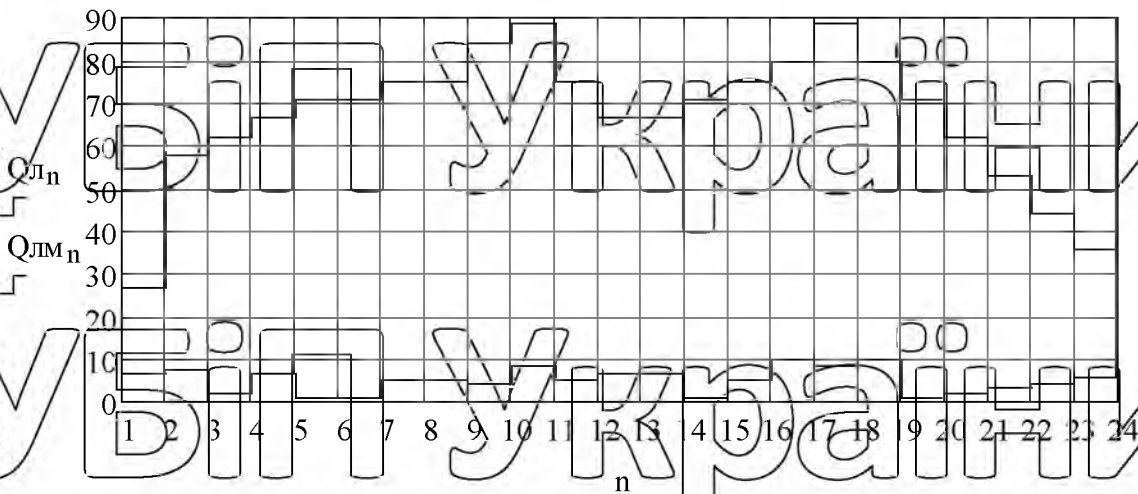
Активна та реактивна потужність з урахуванням втрат в зимовий період:

$$PP_{3n} := P_{3n} + \Delta P_{3n} \text{ кВт},$$

$$QQ_{3n} := Q_{3Mn} + \Delta Q_{3n} \text{ кВтАр.}$$



а)



б)

Рис. 5.5. Графіки споживання реактивної потужності з мережі до і після її компенсації за допомогою КУ: а) - зима; б) - літо.

в літній період

$$PP_{Лn} := P_{Лn} + \Delta P_{Лn} \text{ кВт},$$

$$QQ_{Лn} := Q_{ЛMn} + \Delta Q_{Лn} \text{ кВтАр.}$$

5.4. Ефективність КРП на шинах 0,4 кВ ЗТП

Розрахунок основної плати.

Основна середньодобова плата протягом зимового періоду

$$\text{ПП1з} := \sum_n [(Q_{3n} + 3 \cdot W_{Q3n}) \cdot D \cdot T]$$

$$\text{ПП1з} = 42.956 \text{ грн.}$$

Основна середньодобова плата протягом літнього періоду

$$\text{ПП1л} := \sum_n [(Q_{лn} + 3 \cdot W_{Qлn}) \cdot D \cdot T]$$

$$\text{ПП1л} = 41.17 \text{ грн.}$$

Розрахунок додаткової плати.

Коефіцієнт потужності для зимового і літнього періодів

$$\text{tg}\phi_{3n} := \frac{Q_{3n}}{P_{3n}}$$

$$\text{tg}\phi_{лn} := \frac{Q_{лn}}{P_{лn}}$$

Додаткова плата, зимовий період

$$\text{ПП2з} := D \cdot T \cdot \sum_n [(Q_{3n} + 3 \cdot W_{Q3n}) \cdot C_{\text{баз}} \cdot (K_{3n} - 1)]$$

$$\text{ПП2з} = 0.168 \text{ грн.}$$

Додаткова плата, літній період.

$$\text{ПП2л} := D \cdot T \cdot \sum_n [(Q_{лn} + 3 \cdot W_{Qлn}) \cdot C_{\text{баз}} \cdot (K_{лn} - 1)]$$

$$\text{ПП2л} = 0.213 \text{ грн.}$$

Середньодобова плата за перетоки реактивної потужності в мережі споживача.

зимовий період

$$\text{ППз} := \text{ПП1з} + \text{ПП2з}$$

$$\text{ППз} = 43.123 \text{ грн./добу.}$$

літній період

НУБІП України

$$\begin{aligned} \text{ППЛ} &:= \text{ППЛ}_1 + \text{ППЛ}_2 \\ \text{ППЛ} &= 41.381 \text{ грн/добу} \end{aligned}$$

Середньодобове значення плати за перетоки реактивної потужності

НУБІП України

$$\begin{aligned} \text{ППДоб} &:= \frac{\text{ППЗ} + \text{ППЛ}}{2} \\ \text{ППДоб} &= 42.252 \text{ грн/добу} \end{aligned}$$

Середньомісячна плата за перетоки реактивної потужності господарства

зимовий період

НУБІП України

$$\begin{aligned} \text{ППЗ} \cdot 31 &= 1.387 \times 10^3 \text{ грн/місяць,} \\ \text{ППЛ} \cdot 31 &= 1.283 \times 10^3 \text{ грн/місяць.} \end{aligned}$$

Середньомісячне значення плати за перетоки реактивної потужності

НУБІП України

$$\text{ППміс} = 1.31 \times 10^3 \text{ грн.}$$

Зниження середньомісячної плати за перетоки реактивної потужності внаслідок роботи КУ.

$$\Delta \text{Пміс} := \text{П} - \text{ППміс}$$

НУБІП України

$$\Delta \text{Пміс} = 5.104 \times 10^3 \text{ грн.}$$

Розрахунковий період 24 місяці.

Капіталовкладення в КУ:

НУБІП України

$$K_{\text{КУ}} = 1.65 \times 10^4 \text{ грн.}$$

Номінальна норма дисконту враховує придбання і встановлення КУ за кошти підприємства, відрахувань на амортизацію та поточний ремонт:

$$E_a := 0.0155$$

$$E_{\text{пр}} := 0.028$$

НУБІП України

Амортизаційні, експлуатаційні та кредитні щомісячні відрахування:

$$Z_c := K_{\text{КУ}} \cdot E$$

Економія плати за реактивну енергію:
 $\Delta \Pi_{\text{міс}} = 5.104 \times 10^3$ грн.
 $Z_e = 717.808$ грн.

Чистий дисконтований дохід за формулою:

$$\text{ЧДД}_m := \sum_{m=1}^m (\Delta \Pi_{\text{міс}} - Z_m - K_m) \frac{1}{(1 + \epsilon)^m}$$

 $\text{ЧДД}_{\text{сум}} = 9.483 \times 10^4$ грн.

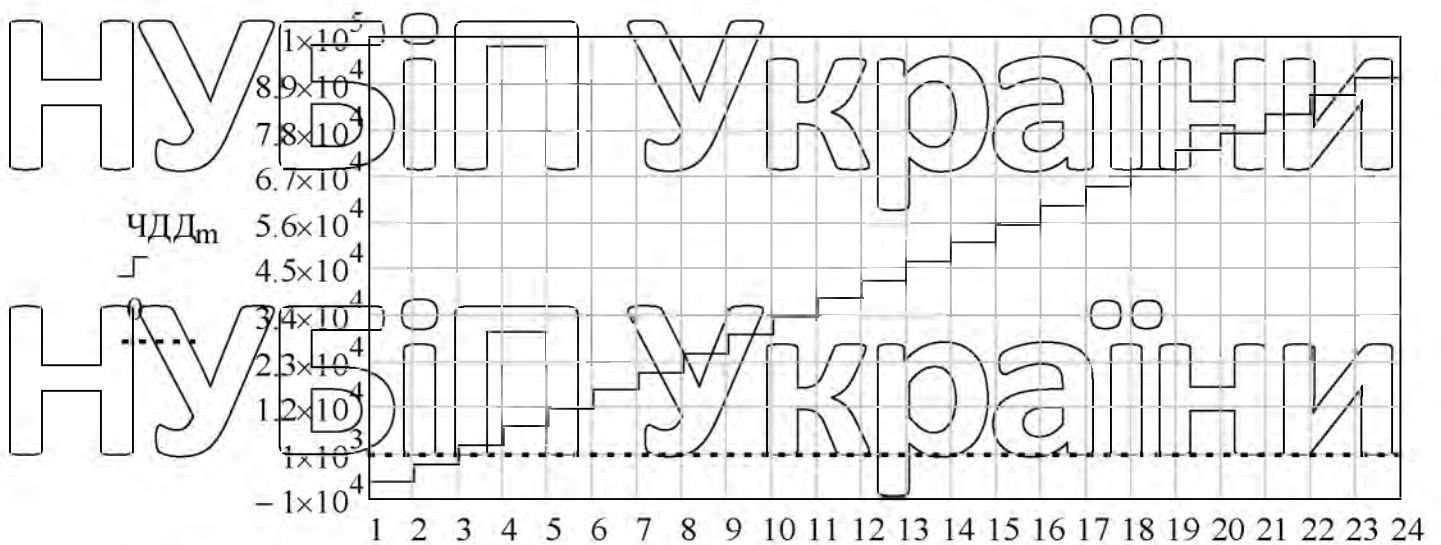


Рис. 5.6. Зміна чистого дисконтованого доходу протягом розрахункового періоду.

Результати розрахунків, виконаних за вказаною методикою, показують, що

величина плати за спожиту реактивну електроенергії зменшується на 5104

грн/міс. від

$\Pi = 6.414 \times 10^3$ грн/місяць

до

$\Pi_{\text{міс}} = 1.31 \times 10^3$ грн/місяць.

Як видно із графіка на рис. 5.6, чистий дисконтований дохід стає додатнім на 4 місяць роботу регульованої конденсаторної установки

РОЗДІЛ 6

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ КОНДЕНСАТОРНИХ
УСТАНОВОК

Питання експлуатації конденсаторних установок регламентовані такими

документами:

- Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів [20];
- відомчі інструкції;
- інструкції заводів-виробників.

ПТЕ обумовлюють, що конденсаторні установки, їх захист та розміщення мають відповідати вимогам Правил улаштування електроустановок [22]. Тип, потужність, місце встановлення та режим роботи конденсаторної установки вибираються проектною організацією або спеціалізованою службою відповідно до технічних умов енергопостачальної організації на приєднання електроустановок споживачів.

Розміщення конденсаторів має задовольняти умови найбільшого зниження втрат активної потужності від реактивних навантажень з урахуванням вимог, щодо підтримання рівня напруги на затискачах електроприймачів.

Одержуючи нову конденсаторну установку треба провести її зовнішній огляд та скласти акт приймання. Під час огляду необхідно:

- перевірити цілісність установки та маркування вантажу;
- перевірити справність установки, корпусу, ізоляторів, болта для заземлення,
- наявності паспортної таблички;
- перевірити, чи не витікає з конденсаторів просочувальна рідина;
- упевнитися у наявності паспорта і вказівок заводу-виробника щодо експлуатації конденсаторної установки.

У приміщенні конденсаторних батарей повинні знаходитися:

- 1) однолінійна принципова схема конденсаторної установки із зазначенням номінального струму плавких вставок запобіжників, що захищають

окремі конденсатори чи всю конденсаторну уставку (або установок реле максимального струму):

2) термометр (чи інший прилад) для вимірювання температури у приміщенні;

3) має бути забезпечена можливість бачити покази термометра без вимикання конденсаторів і зняття огорожі;

4) спеціальна штанга для розрядження конденсаторів;

5) протипожежні засоби - вогнегасник, ящик з піском, совок. Належним чином має бути заповнений паспорт конденсаторної батареї, де

обов'язково наводиться перелік конденсаторів із зазначенням дати встановлення, номінальної напруги, потужності.

Окрім виробників із безперервним режимом роботи забороняється залишати увімкненими конденсаторні установки двозмінних підприємств вночі та у вихідні дні, тризмінних - у вихідні дні.

У конденсаторних установках напругою до 1000 В рекомендується з метою економії електроенергії працювати без постійно увімкнених розрядних пристроїв з автоматичним їх приєднанням у момент вимикання конденсаторів. Перед вимиканням конденсаторної установки необхідно зовнішнім оглядом переконатися

у справності розрядного пристрою. Обов'язковою передумовою допуску до робіт, при яких можливе доторкання до струмоведучих частин вимкненої конденсаторної установки, є контрольний розряд конденсаторів.

Проводиться він розрядним стержнем, закріпленим на ізолюючій штанзі.

Тільки після контрольного розряду можна замінити перегорілі чи несправні запобіжники.

Правила [15] передбачають проведення планових та позачергових оглядів конденсаторних установок, поточного і капітального ремонтів.

Плановий огляд (без вимикання) конденсаторної установки має виконуватися у терміни, встановлені місцевими інструкціями, але не рідше 1 разу протягом місяця для установок потужністю до 500 кВАр і 1 разу за 10 днів при потужності понад 500 кВАр.

Під час огляду КУ перевіряють:

- 1) справність огорож, цілісність засувів, відсутність сторонніх предметів;
- 2) відсутність пилу і бруду, тріщин ізоляторів;
- 3) температуру навколишнього середовища;
- 4) відсутність здуття стінок корпусів конденсаторів та слідів витікання просочувальної рідини; у разі витіканні (наявності плям рідини) конденсатори залишають в експлуатації, але беруть під нагляд;
- 5) цілісність плавких вставок зовнішнім оглядом у відкритих запобіжників;
- 6) значення струму та рівномірність завантаження по фазах;
- 7) значення напруги на шинах КУ;
- 8) справність кола розрядного пристрою;
- 9) справність усіх контактів зовнішнім оглядом;
- 10) наявність та справність блокувань безпеки;
- 11) наявність та якість електрозахисних засобів і засобів протипожежного захисту.

Позачергові огляди конденсаторних установок проводяться у разі виявлення розрядів (потріскування) у конденсаторах, перевищення напруги на затискачах або температури навколишнього середовища понад граничне допустиме.

Про всі огляди конденсаторних установок та виявлені несправності мають бути зроблені відповідні записи в експлуатаційному журналі.

Очищення поверхні ізоляторів, конденсаторів та корпусу установки від пилу та бруду проводиться при вимкненій та розрядженій батареї в міру необхідності у терміни, встановлені головним енергетиком підприємства або особою, відповідальною за енергогосподарство.

Експлуатація конденсаторів забороняється:

- при нарузі на шинах понад 110 % номінальної напруги конденсатора;
- при надмірному перевищенні температури або надмірному її зниженні;
- при здутті стінок конденсаторів;

- у разі нерівномірності навантаження фаз КУ (понад 10 % середнього значення струму);
- при збільшенні струму батареї більше ніж на 30% номінального значення;
- у разі крапельного витікання просочувальної рідини;
- у разі пошкодження ізоляторів.

Поточний ремонт конденсаторної установки проводиться з обов'язковим вимиканням не рідше 1 разу за рік. До обсягу робіт, що виконуються при поточному ремонті конденсаторної установки, входять такі роботи:

- перевірка ступеню затягування гайок контактних з'єднань;
- перевірка цілісності плавких вставок та кід розряджання конденсаторів;
- зовнішній огляд відгалужень до заземлюючого контуру;
- очищення обладнання від пилу і бруду;
- вимірювання ємності конденсаторів;
- перевірка конденсаторів на відсутність замикання "виводи-корпус";
- піддаювання місць просочування рідини м'яким припоєм;
- заміна несправних секцій конденсаторних батарей чи окремих конденсаторів;

- опробування пристроїв автоматичного регулювання та релейного захисту.

Періодичність проведення ремонтів конденсаторних установок регламентована Нормами.

Під час огляду чи ремонту електроприймача, з яким працює конденсаторна установка, слід оглянути чи відремонтувати її.

Профілактичні випробування підвищеною напругою промислової частоти виконуються під час капітальних ремонтів.

Випробування після капітального та технічних ремонтів паперово-масляних конденсаторів напругою до 1000 В. Капітальне випробування виконується у терміни, встановлені Системою ПЗР і ТО - одного разу протягом 8 років; Технічне випробування одного разу протягом року.

Основним елементом конденсатора є обкладка, яка виконана із плівки, на яку в умовах вакууму нанесено тонкий шар металу (обшивка). Якість конденсатора, а особливо його термін роботи, а також стійкість до перешкод від вищих гармонік, визначає товщина плівки, яка залежить від терміну роботи, на яку розраховано конденсатор. Обшивка конденсатора, виконана із алюмінію, напиленого в вакуумі на плівку, здатна до саморегенерації, тобто до зашпаклювання парою металу мікропошкоджень в місцях мікро короткого замикання між пластинами конденсатора. При цьому поверхня обшивки залишається постійною і ємність конденсатора не зменшується. Такі конденсатори безпечні для навколишнього середовища і електроенергетичної системи і мають кращі технічні показники. Але при частому перевантаженні струмом конденсатора і частих мікропошкодженнях ємність конденсатора знижується.

В конденсаторах, які мають металевий кожух, мають бути встановлені запобіжники надлишкового тиску, які захищають корпус від розриву, тоді для відновлення роботи установки потрібно замінити пошкоджений конденсатор.

Оскільки “сухі” конденсатори дуже чутливі до температури, (а саме поліпропіленова плівка), то щоб запобігти перегріву конденсаторів вище граничної температури, потрібно застосовувати конструкційні рішення, які забезпечують відвід тепла. Експлуатація конденсатора при температурах, які більше допустимих, призводить до втрати ємності, а цим самим до втрати реактивної потужності, яку повинна мати система. Підвищення температури на 10°C вдвічі зменшує термін експлуатації конденсатора. Тому потрібно приділити особливу увагу дотримання цього параметра.

Є два найбільш характерних випадки, які ведуть до підвищення температури конденсатора. Перший – збільшується температура навколишнього середовища, в якому працює конденсатор. У цьому випадку обов’язково повинна бути встановлена вентиляційна система, а для зниження температури конденсаторної установки в екстремальних випадках – кондиціонер. Також вентиляційні системи встановлюються в потужних конденсаторних установках. Ці технічні засоби мають збільшити теплообмін з навколишнім середовищем та забезпечити нормальні

умови роботи конденсаторів. Другий випадок – проходження через конденсатор за деякий час, струму, який перевищує номінальний, що призводить до підвищення температури всередині конденсатора, так як конструктивно конденсатор не в змозі відвести надлишкове тепло. Це призводить до погіршення діелектричних властивостей плівки, а також до виникнення в напрузі живлення вищих гармонік.

При цьому виникає безповоротний процес: збільшення температури всередині конденсатора погіршує діелектричні властивості плівки, з'являються короткі замикання між пластинами, підвищується тиск всередині конденсатора, який призводить до спрацювання антивибухового пристрою.

Для того щоб запобігти виходу з ладу системи компенсації і необхідності заміни конденсатора на справний, потрібно потрібно контролювати температуру кожної конденсаторної банки. Для надійного захисту конденсаторів від перегріву треба застосувати датчики температури, які встановлюються на кожному конденсаторі. Для цього застосовують термодатчики різної конструкції та способу дії.

Добре себе зарекомендували надійним і точним спрацювання та тривалим терміном роботи датчики температури з ефектом пам'яті. Управляючий контакт можна ввести в коло керування контактора і при перевищенні допустимої температури конденсатора, датчик розірве коло живлення катушки і контактор вимкне з мережі перегрітий конденсатор.

Надійна й безперерйна робота конденсаторної установки забезпечується перш за все правильним вибором їх за потужністю, режимом роботи і т.д. Поряд із цим дуже важливим є обґрунтований, технічно грамотний підхід розробників до схеми керування та захисту, вибору захисної апаратури. Однак і у разі належного рівня експлуатації, є досить високою ймовірність виникнення аномальних (аварійних) режимів.

Конденсаторні установки повинен мати захист від коротких замикань конденсаторів (якщо конденсатори не оснащені індивідуальними запобіжними-ками); від перевантаження струмами вищих гармонік; від підвищення напруги, якщо відомо, що рівень напруги в місці приєднання конденсаторної установки буде

перевищувати 110% номінальної напруги.

Захист конденсаторів від струмів короткого замикання виконують плавкими запобіжниками. При правильному виборі запобіжника своєчасно локалізується пошкодження конденсаторів, що захищаються. Згідно Правил технічної експлуатації і безпеки обслуговування електроустановок промислових підприємств номінальний струм плавкої вставки запобіжника не повинен перевищувати 160% номінального струму конденсатора, що ним захищається!

$$I_{нв} = 1.6 \cdot \frac{Q}{U_{НОМ}}, \text{ А} \quad (6.1)$$

де Q – реактивна потужність конденсатора, квар

$U_{НОМ}$ – номінальна напруга мережі живлення, В

Захист конденсаторів індивідуальними запобіжниками може забезпечити селективне відключення короткого замикання в конденсаторах.

В лабораторії було проведено досліди, що підтвердили теорію про генерування конденсаторами вищих гармонік. За допомогою приладу DMK32 італійської фірми “LOVATO”, було зафіксовано наявність та вміст вищих гармонійних складових в струмі живильної мережі до вмикання конденсаторної

установки та після вмикання по секційно. В струмі живильної мережі виявлено наявність 5-ї та 7-ї гармоніки. Після вмикання першої секції додатково з'являються інші непарні гармоніки. Із зростанням ємності, яка підключалась на напругу мережі, зростає і процентний вміст гармонік у струмі живлення. Графіки досліджуваних явищ приведені в графічній частині магістерської роботи. Оскільки

опір конденсатора обернено пропорційний частоті напруги живлення, то поява в системі живлення 5-ї, 7-ї, 9-ї та кратних до них гармонік призводить до зменшення реактивного опору конденсатора і збільшенню струму, який через нього проходить.

Тобто, конденсаторна установка до наявних у мережі додатково генерує вищі гармоніки, які шкідливо впливають на саму конденсаторну установку (зменшуючи термін роботи конденсаторів) та на інші електроприймачі. Після спрацювання антивибухового запобіжника конденсатор виходить з ладу. Запобігти цього можна встановленням фільтруючих систем (дроселів) чи встановленням спеціальних

конденсаторів, номінальний струм яких в три рази більше, ніж в звичайних конденсаторах.

Контролюючи струм, який проходить через конденсатор та коефіцієнт вищих гармонік, особливо в струмі конденсатора, можна в ряді випадків запобігти виходу з ладу конденсатору та підвищити надійність та тривалість роботи конденсаторної установки.

ПТЕ не дозволяє експлуатацію при перевищенні напруги номінальне значення, більш ніж на 10%. Для захисту від преренапруг можна застосовувати обмежувачі напруги. Зараз є досить широкий вибір таких апаратів.

Недоліки захисних апаратів є підставою для впровадження більш досконалих захистів. Тому для захисту комплектних конденсаторних установок застосовують апарати вітчизняного та імпорного виробництва, розроблені на мікро елементній базі, із застосуванням мікропроцесора. Це значно підвищує надійність захисту комплектної конденсаторної установки від аномальних режимів.

Дуже важливою складовою конденсаторної установки є контактор, який отримавши сигнал від регулятора, підключає до систем конденсатор-потужності і відключає їх. Контактори повинні бути спроектовані таким чином, щоб запобігати вібрації контактів і послідуочих перехідних процесів. Пусковий струм не повинен перевищувати номінальний струм контактора.

Висока густина потужності розсіювання та зменшення втрат в сучасних конденсаторах призвели до низької індукції та маленькому опору.

Підключення конденсаторів, особливо паралельно з тими, які вже підключені до джерела живлення, приводить до високих пускових струмів, які негативно впливають на експлуатаційний термін контакторів та якість енергії. Високі кидки струму можуть привести до зварювання основної контактної групи контакторів, а це приводить до швидкого зношування контактів і зменшує термін експлуатації конденсаторів. Тому для вмикання і вимикання конденсаторів необхідні спеціально призначені для емнісного перемикання пристрої. Блок допоміжного перемикача, який встановлюється на на контакторі конденсатора, має три замикаючих контакта з послідовно підключеними резисторами. Допоміжні контакти замикаються перед

основними і попередньо заряджають конденсатор. Цей спосіб дозволяє суттєво знизити вплив пускового струму на конденсатори.

Контактори, які застосовуються в конденсаторних установках повинні мати наступні характеристики:

значне зниження величини пускового струму;

покращені властивості пропускної здатності по струму;

подовжений термін експлуатації основних контактів контактора;

“м’яке” перемикання конденсаторів;

більш потужні притискні пружини та систем гасіння дуги;

зменшення омичних втрат;

висока температурна стабільність;

Встановлення замість несправних контакторів зі складу конденсаторної установки контакторів звичайного виконання надлишкової потужності не приведе до успішного результату. Через деякий час контакти “залипнуть” і конденсатори залишаться підключеними до систем, що приведе до перекомпенсації.

Саморозряд конденсаторів – це досить тривалий у часі процес. Щоб прискорити його закордонні фірми пропонують споживачам контактори із вбудованими розрядними резисторами, які гасять накопичений конденсатором заряд.

Випуск контакторів призначених спеціально для підключення конденсаторів опанували італійська фірма “Lovato” і польська фірма “Twelve electric”

Щоб підвищити експлуатаційну надійність потрібно підтримувати у справному стані систему розрядних резисторів, так як підключення нерозряджених конденсаторів, призводить до швидкого пошкодження конденсатора і підключеного до нього проводу. Для підключення конденсатора на номінальну напругу, треба щоб на його затискачах була залишкова напруга не більше 50 В [4].

Щоб досягти цього, треба застосовувати мікропроцесорні регулятори, які оптимізують час роботи конденсатора, кількість контакторів при відповідно підбраному часі реагування та кількості рівнів конденсаторної установки.

ВИСНОВКИ

В магістерській роботі детально розглянута оптимізація втрат активної потужності «Вінницького механічного заводу сільськогосподарського обладнання» під час впровадження комплексної компенсації реактивної потужності компенсації реактивної потужності на шинах 0,4 кВ комплектної трансформаторної підстанції.

В розділі 1 роботи наведено загальну характеристику підприємства, вказано основні напрями господарської діяльності. В розділі 2 наведено розрахунок електричних навантажень підприємства та перевірку силового трансформатора. В розділі 3 проведено обґрунтування параметрів системи електропостачання підприємства. В розділі 4 наведено рішення з компенсації реактивної потужності. Описано складові установки компенсації реактивної потужності та проведено математичний опис процесу компенсації реактивної потужності. В розділі 5 проведено розрахунок економічного ефекту від впровадження компенсації реактивної потужності. В розділі 6 представлено заходи з підвищення надійності експлуатації конденсаторних установок.

Підсумовуючи отримані результати можна зробити наступні основні

ВИСНОВКИ:

- 1) Максимальне розрахункове навантаження на шинах 0,4 кВ ЗТП-10/0,4 кВ складає 199 кВА, коефіцієнт завантаження силового трансформатора – 0,8;
- 2) Переріз провідників мережі підприємства вибрано по розрахунковому струму навантаження за умовами термічної стійкості;
- 3) Як апарати захисту вибрано автомати ВА47-29 – електричні комутаційні апарати з електротепловою і електромагнітною відсічками;
- 4) за результатом впровадження компенсації реактивної потужності величина плати за спожиту реактивну електроенергії зменшується на 5104 грн/міс;
- 5) чистий дисконтований дохід стає додатнім на 4 місяць роботи регульованої конденсаторної установки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Александров О.В. Компенсация реактивной мощности // Энергоинформ. 2003р - №45, с 5-6
2. Голота А.Д. Економіко-бухгалтерський статус плати за перетікання реактивної електроенергії // Промелектро. - 2003. - с.50-54
3. ГОСТ 1282-79. Конденсаторы для повышения коэффициента мощности электроустановок переменного тока частоты 50 и 60 Гц. Технические условия. Изд-во стандартов, 1982 – 30с
4. Дабровскі К. Компенсація реактивної потужності. // Електропанорама (Цикл статей), 2002р №3,5,9-12.
5. Експлуатаційна надійність електрообладнання в агропромисловому комплексі. Лут М.Т., Солоний В.І. Київ.:Видавничий центр НАУ,2003.-127с
6. Іванов А.А., Тищенко А.А., Підвищення коефіцієнта потужності електроустановок. К., Вища школа, 1970. - 60с
7. Лут М.Т., Наливайко В.А., Експлуатація енергетичного обладнання сільськогосподарських підприємств. К.: 2001. - 96с
8. Методика обчислення плати за перетікання реактивної електроенергії між електропередавальною організацією та її споживачами //Є.Л. Арбузов. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 1 лютого 2002р. за №93/6381. - 15с
9. Правила користування електричною енергією для населення / Національна комісія регулювання електроенергетики України. — К. : НКРЕ, 1999. — 23с.
10. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів/ Держенергонагляд України.-К.:Дисконт, 1995.-260с.
- 11.Суходоля О.М. Компенсація реактивної потужності//Энергосбережение. - 2002. - №9, с. 38- 40
- 12.Щербина Ю.В., Банін Д.В. Що таке реактивна електроенергія? // Промелектро. - 2003, №2, с. 38-47